Gheorghe Savii
Gheorghe Tache
Alexandru Popovici

Facla

Scanned with OKEN Scanner

Coperta : KAZINCZY GABRIEL

Redactor : ION ILIN
Tehnoredactor : IOAN I. IANCU
Bun de tipar : 12.9.1985
Apărut 1985
Coli tipar : 14,5

Întreprinderea Poligrafică „Banat"
Timișoara, Calea Aradului nr. 1
Comanda nr. 89

Scanned with OKEN Scanner

GHEORGHE SAVII GHEORGHE TACHE
ALEXANDRU POPOVICI

POLIDESERVIREA

METODE DE OPTIMIZARE
APLICABILITATE
EFICIENŢĂ

EDITURA FACLA
Timişoara, 1985

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL I

INTRODUCERE

Revoluția tehnico-științifică contemporană are influențe determinante asupra dezvoltării și înnoirii tehnologiilor de fabricație a bunurilor industriale, avînd ca rezultat creșterea productivității muncii, economia de materiale și de energie.

În *Raportul la cel de-al XIII-lea Congres al Partidului Comunist Român* tovarășul Nicolae Ceaușescu arăta, cu privire la dezvoltarea industriei, că „Dezvoltarea în industrie în cincinalul viitor se va realiza îndeosebi prin modernizarea mijloacelor de muncă și a structurii producției, ridicarea nivelului tehnic și calitativ al acestora, introducerea continuă și aplicarea largă a tehnologiilor avansate. Va trebui să realizăm cu hotărîre programele privind mecanizarea, automatizarea și robotizarea tuturor sectoarelor economice".

În aceste condiții se impune ca o necesitate obiectivă organizarea dinamică a sistemelor de producție, organizare subordonată legilor de dezvoltare multilaterală a societății noastre socialiste.

Pentru obținerea unor eficiențe sporite în procesul de transformare a materialelor în produse finite, prin mijloacele de producție, se cere studierea, sub toate aspectele a problemelor tehnico-organizatorice privind îmbunătățirea folosirii capacităților de producție a mașinilor și utilajelor, precum și cea a forțelor de muncă. Trebuie să se țină seama că prin creșterea gradului de tehnicitate a mașinilor și utilajelor, prin aplicarea tot mai largă a cerințelor științei și tehnicii se produc schimbări substanțiale asupra modului de participare a omului în procesul de producție.

În cadrul acestor schimbări, factorul uman constituie elementul determinant chiar în condițiile de automatizare sau robotizare. De aceea, o preocupare deosebit de importantă este cea de pregătire corespunzătoare a cadrelor la nivelul mijloacelor de producție din dotare, dar luînd în considerare în același timp perspectiva de dotare cu mijloace de producție de un nivel tehnic tot mai ridicat.

Ritmul accentuat al înnoirilor mijloacelor de producție are ca efect scoaterea în tot mai mare măsură a omului din situația de a interveni direct în procesul de producție. În perspectiva atingerii acestui deziderat este necesar a se depune încă serioase eforturi materiale și intelectuale. În acest sens trebuie folosite, în condiții de eficiență economică, atît mijloacele de producție cu

Scanned with OKEN Scanner

grade eterogene de tehnicitate, mai vechi sau mai noi, cît și forța de muncă umană.

Între modalitățile de satisfacere a acestor cerințe este și metoda de organizare a procesului tehnologic aplicînd sistemul de lucru la mai multe mașini.

Se poate remarca că problema deservirii mai multor locuri de transformare a materialelor în produse finite a preocupat și preocupă încă un număr însemnat de cercetători, ținînd seama de faptul că pe măsura creșterii gradului de tehnicitate a mijloacelor de producție se schimbă și conținutul activității de interacțiune om-mașină.

Preocuparea este justificată prin aceea că aplicarea sistemului polideservirii conduce la obținerea unei eficiențe sporite în procesul de fabricație a bunurilor materiale.

Cunoscută și aplicată de cîteva decenii, pe principii mai mult sau mai puțin științifice, în prezent se constată o intensă preocupare pentru implementarea sistemului, luînd în considerare că prin creșterea tehnicității mijloacelor de producție se creează condiții mai favorabile atît pentru folosirea eficientă a capacității mijloacelor de producție, cît și a creșterii productivității muncii.

Problema dezvoltării aplicării metodei deservirii mai multor mașini a fost indicată în repetate rînduri prin documentele de partid, în mod concret ca sarcină a industriei noastre prin documentele celui de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român, în care se menționează : „Este necesar ca în fiecare unitate să se acționeze pentru extinderea mecanizării și automatizării, organizarea științifică a muncii, întărirea ordinii și disciplinei, generalizarea lucrului la mai multe mașini, reducerea la strictul necesar a personalului auxiliar și neproductiv, utilizarea specialiștilor cu prioritate în conducerea nemijlocită și modernizarea tehnologică a producției".

Creșterea tehnicității mijloacelor de producție, extinderea comenzilor numerice la mașini-unelte, automatizarea și cibernetizarea proceselor tehnologice, robotizarea tehnologiilor, au ca efect reducerea sau chiar eliminarea timpilor auxiliari, ceea ce face să se reducă sau să nu mai fie necesară intervenția directă a omului în procesul tehnologic, creîndu-se astfel timp disponibil pentru conducerea și supravegherea unui număr mai mare de posturi de lucru.

Din analiza activităților de pregătire pentru implementarea sistemului polideservirii se constată că ea prezintă probleme complexe de natură deterministă sau aleatoare, atît pentru timpii de funcționare a mașinilor, cît și aceea de intervenție a omului. Din aceste motive, în cadrul studiului de aplicare a sistemului se impune folosirea unor metode moderne de analiză privind amplasarea spațială a mașinilor, probleme ale organizării sistemului logistic, aprovizionarea locului de muncă cu scule și dispozitive, fluxul de materiale, transport, depozitare, distribuție, manipulare etc.

Se poate reține că pentru aplicarea eficientă a sistemului complex, pe care îl prezintă polideservirea, trebuie luați în considerare multitudinea parametrilor prezenți sau care pot interveni în cadrul desfășurării procesului tehnologic.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL II

UNELE ASPECTE GENERALE ASUPRA PROCESULUI DE PRODUCȚIE

2.1. CARACTERISTICI ȘI EVOLUȚII ALE PROCESELOR DE PRODUCȚIE

Din analiza cuantumului de produse realizate, a timpului de producție în raport cu mărimea seriei, se constată că sistemul de producție de serie mică și mijlocie reprezintă o pondere tot mai mare în realizarea produselor industriale. Diversificarea este determinată de cerințele realizării unor produse tot mai perfecționate, cu proprietăți mereu îmbunătățite în vederea creșterii valorii de întrebuințare, de satisfacere a cerințelor tot mai pretențioase ale societății umane.

Intensificarea diversificării producției este deci o cerință a societății, care impune sporirea vitezei de înnoire a produselor industriale și a înnoirii tehnologiilor de fabricație.

Accentuarea diversificării conduce însă la micșorarea seriei de produse lansate în fabricație, ceea ce are ca efect creșterea costurilor de producție. Pentru diminuarea costurilor și rentabilizarea activității industriale, este necesară o permanentă preocupare a specialiștilor în redarea găsirii mijloacelor prin care să se satisfacă acest deziderat. În acest fel pot fi explicate schimbările în sistemele de conducere și organizare a proceselor de producție și mai ales a îmbunătățirii permanente a mijloacelor folosite la obținerea bunurilor materiale.

În contextul acestor preocupări, deși la începutul sec. XX apare sistemul de lucru în flux, organizarea clasică pe ateliere rămîne încă principala formă de producție. Pentru cuantumul de produse în serie, respectiv de repere, cu excepția unor produse de masă, dezvoltarea sistemului în flux nu este justificată.

Deoarece, în valori abstracte, volumul de producție cunoaște cerințele unei creșteri continue, pe de o parte, iar pe de altă parte se cere ca productivitatea muncii să crească, în același timp să se reducă costul de fabricație se studiază posibilitățile tehnice, tehnologice și de organizare care pot satisface

Scanned with OKEN Scanner

aceste cerințe. Pentru realizarea, din punct de vedere economic, a condițiilor similare cu acelea ale unui proces de producție cu caracteristici de serie mare, se studiază forme de organizare care să satisfacă aceste deziderate. Din aceste preocupări a apărut metoda de grupare a reperelor, creîndu-se astfel posibilități de aplicare a tehnologiei de grup.

Abordată la început mai mult empiric, din cauza lipsei de experiență și fără o analiză pe baza unui concept sistematic, se obțin totuși rezultate promițătoare. Cercetările științifice efectuate mai ales în ultima perioadă, preocupările tot mai largi în această direcție, mai ales în țările dezvoltate industrial, au condus la proliferarea metodei în toate ramurile industriale.

Aplicarea metodei prelucrării de grup prezintă aptitudini de raționalizare a proceselor de producție de serie mică și mijlocie, astfel încît odată cu dezvoltarea mașinilor-unelte cu comandă numerică se creează multiple posibilități de organizare și aplicare a tehnologiei de grup, respectiv de producere, în condiții economice a unor produse diversificate. De altfel, de la acest sistem se dezvoltă astăzi, tot mai mult, sistemele tehnologice flexibile, care reprezintă o formă superioară de aplicare a tehnologiei de grup.

Condițiile cerute prin aplicarea tehnologiei de grup, prin caracteristicile pieselor de prelucrat, care formează grupa, prin caracteristicile operațiilor de efectuat, a mașinilor-unelte folosite, pot constitui premise pentru gruparea mașinilor-unelte astfel ca să formeze un sistem compatibil pentru aplicarea metodei polideservirii. Desigur, în acest scop se cere să se analizeze fluxul tehnologic, parametrii de prelucrare, îndeosebi a timpilor de mașină și a timpilor auxiliari pentru deservirea, respectiv reglarea, comanda, supravegherea și controlul desfășurării procesului de prelucrare

Pentru asigurarea desfășurării, în condiții optime, a procesului tehnologic de prelucrare propriu-zis, în cadrul sistemului de deservire a unei grupe de mașini sau a unei celule de fabricație, trebuie luate în considerare toate activitățile caracteristice sistemului de muncă. În acest sens, se vor studia activitățile privind formarea și dirijarea fluxului de materiale și semifabricate, precum și a fluxului sistemului informațional. Aceste probleme sînt deosebit de importante pentru reușita aplicării metodei polideservirii.

Se poate remarca faptul că de cele mai multe ori organizarea sistemului deservirii mai multor locuri de muncă nu funcționează în condiții optime, mai ales din cauza nerezolvării la nivelul cerințelor sistemului a problemelor, a activităților conexe procesului de prelucrare.

În vederea creerii condițiilor pentru aplicarea sistemului polideservirii, se impune studierea modalităților și posibilităților de mecanizare sau automatizare parțială sau totală și a acestor operații. De menționat că mai ales prin realizarea unei automatizări a tuturor componentelor sistemului de fabricație cuprinzînd : automatizarea comenzilor fluxului de materiale și semifabricate, a operațiilor de dirijare și depozitare, se poate trece la conducerea automată și optimizată a ansamblului procesului de producție, ceea ce creează condiții și posibilități de aplicare eficientă a sistemului polideservirii. Realizarea desfășurării procesului de producție în condițiile amintite mai sus asigură premisele trecerii la o formă superioară de activitate productivă și anume, aceea a unui sistem integrat. Această formă se bazează pe conducerea automată a întregului proces prin calculator. Un astfel de sistem este format din interconectarea componentelor principale, pornind de la proiectarea constructivă, a tehnolo-

Scanned with OKEN Scanner

giei şi a planificării, pînă la sistemele de realizare a produsului finit. schema de principiu a unui astfel de sistem se poate prezenta ca în fig. 2.1.

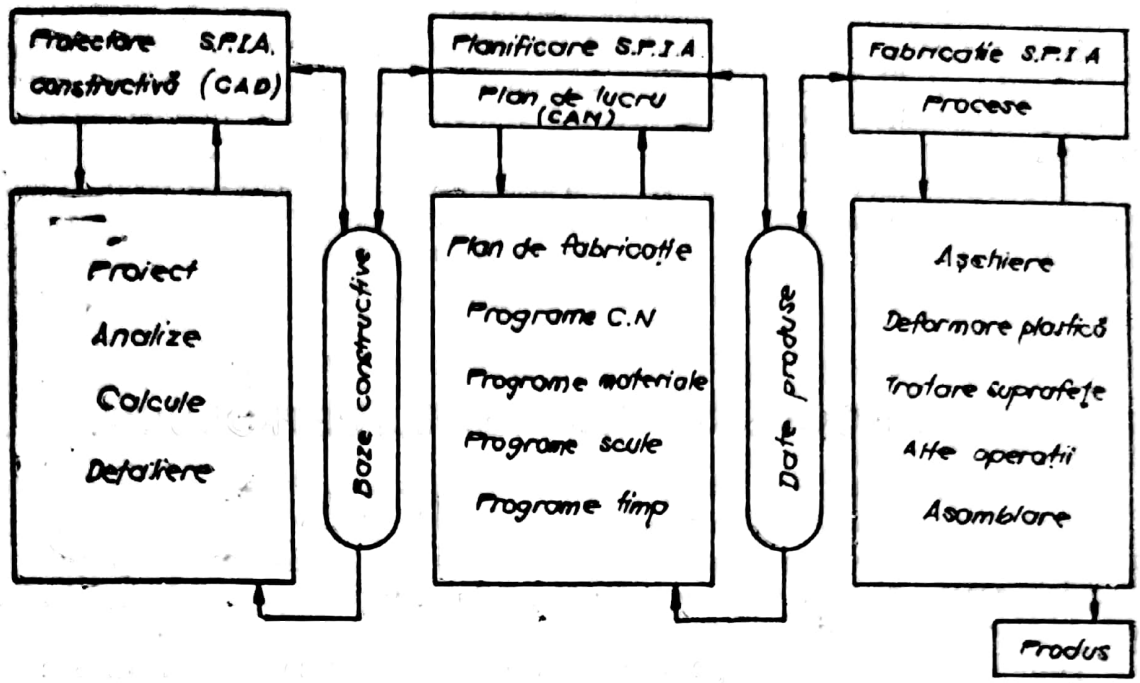


Fig. 2.1. Schema de principiu a unui Sistem Integrat de Conducere Automată a Procesului de fabricaţie „SINCAP".

Sistemul de producţie cuprinde, pe lîngă calculatoarele de proces, calculatorul central pentru asigurarea fluxului de transport al materialelor şi semifabricatelor, calculatorul central pentru comanda schimbării sculelor din şi în magazia de scule a maşinilor-unelte. Calculatoarele, la rîndul lor, sînt interconectate cu calculatorul central de proces tehnologic.

Datele necesare pentru sistemul informaţional referitor la prelucrarea pieselor conţin parametrii formei şi mărimilor geometrice şi cei tehnologici ale semifabricatelor şi produselor finite. Aceste date se transmit sistemului informaţional privind prelucrările, transportul, reglarea pieselor şi a maşinilor-unelte.

Sistemul de transport are dispozitive de fixare şi control al materialelor sau pentru piese, controlul de fixare pe paletă. De menţionat că pentru operaţii secvenţiale se prevăd tendinţe de folosire a sistemelor robotizate.

Desfăşurarea şi continuitatea procesului de prelucrare se asigură prin folosirea sesizcarelor pentru testarea stării sculelor (uzuri, ruperi) şi a testoarelor pentru controlul dimensiunilor suprafeţelor prelucrate. În ceea ce priveşte condiţiile şi modul de fixare a pieselor de prelucrat, precum şi pentru sesizarea eventualelor avarii (defecte) care pot apărea la maşinile-unelte se folosesc sisteme de sesizare instantanee a locului defecţiunii. În condiţiile în care sistemul de comandă numeric al maşinilor-unelte nu poate interveni pentru corecturi ale abaterilor care apar în procesul de prelucrare se folosesc tot mai mult microprocesoare.

Pentru pregătirea fabricaţiei se va reconsidera modul de dotare cu dispozitive şi scule, se vor reduce în special dispozitivele de măsură şi control, operaţiile făcîndu-se automat.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea în procesul de fabricaţiei a unor astfel de sisteme automatizate integrate atrage după ele modificări atît în ceea ce priveşte pregătirea fabricaţiei, cît şi în structura personalului de conducere şi execuţie (deservire).

Rezultatele aplicării sistemului integrat de conducere prin calculatoare oferă largi posibilităţi de creştere a productivităţii muncii, utilizarea optimă a capacităţilor de producţie, se asigură o înaltă calitate a produselor. Deşi sistemul necesită investiţii mai mari, se reduc costurile de fabricaţie, creşte flexibilitatea de fabricaţie, se reduce forţa de muncă umană prin lărgirea aplicării sistemului polideservirii. După unii autori, această reducere depăşeşte cincizeci la sută faţă de sistemele clasice.

2.2. CATEGORISIRI ALE PROCESULUI DE PRODUCŢIE

În concepţia modernă, întreprinderea se defineşte ca un sistem cibernetic în care au loc procese naturale ale purtătorilor forţei de muncă şi procese artificiale create de om, în categoria cărora sînt cuprinse procesele tehnice, de acţiune, economice şi sociale.

Ţinînd seama de toate aspectele pe care le poate prezenta locul de muncă, trebuie să se analizeze fenomenele complexe care se interacţionează între ele. Aceste fenomene se întîlnesc la nivelul locului de muncă, loc de transformare a obiectului muncii, care se consideră de fapt un sistem integrat în sistemul de producţie, sistem care la rîndul său, aşa după cum se cunoaşte, cuprinde toate componentele necesare pentru realizarea unui obiect apriori stabilit, adică un produs oarecare.

În cadrul sistemului loc de muncă productiv, o pondere însemnată ocupă încă subsistemul om-maşină. În cele ce urmează se prezintă succint unele aspecte prin care se caracterizează subsistemul, aspecte necesare a fi cunoscute pentru aplicarea corespunzătoare şi eficientă a metodei deservirii mai multor locuri de muncă.

Subsistemul loc de muncă, ca şi în general orice sistem, se caracterizează ca un sistem finalist, autonom şi unitar, de forma : intrări — proces — ieşiri, străbătut de un flux material, flux energetic şi flux informaţional, care condiţionează activitatea ce se desfăşoară în sistem. De menţionat că sistemul loc de muncă cuprinde: subsistemul om-maşină, subsistem format, la rîndul său, din două componente : o componentă naturală — umană şi o componentă artificială — maşina.

Componentele parţiale sînt caracterizate prin felul de participare şi de interacţiune în cadrul procesului de producţie.

Studiul posibilităţilor de aplicare a metodei polideservirii trebuie să cuprindă toate aspectele caracteristice ale procesului de producţie.

Ţinînd seama de caracterul producţiei, o particularizare se face în funcţie de cuantumul de produse similare ce urmează a se fabrica. Din acest punct de vedere se face clasificarea în :

a. Producţie de unicate.

b. Producţie de serie, care poate fi de serie mică, mijlocie şi mare.

c. Producţie de masă.

Scanned with OKEN Scanner

De fapt, această clasificare se face pentru produsele finite. Dacă considerăm însă locul de transformare, loc la care se execută prelucrări ale elementelor componente ale produsului finit, prin unificarea acestora, la unele locuri de transformare specifice pot să apară categorii de lucrări prin care să se obțină o altă clasificare, de fapt cea reală.

Din punct de vedere al interacțiunii dintre om-mașină și obiectul muncii, pe baza acțiunii directe sau indirecte, se poate face o clasificare a proceselor tehnologice de transformare, clasificare care se prezintă astfel:

a. proces cu acțiune manuală directă, ce se poate efectua cu mîna, cu scule de mînă, cu scule mecanizate;

b. proces mecanizat, constituit din sistem de mecanisme, dispozitive etc.;

c. proces automatizat, care conține mașini cu sistem de comandă și proces;

d. proces automat, adică mașini cu sisteme de adaptare la condițiile de proces.

Din analiza structurală a sistemelor de prelucrare și a componentelor acestora, practic, se întîlnesc următoarele forme:

a. sistem loc de muncă individual, caracterizat prin aceea că un om deservește o singură mașină;

b. sistem loc de muncă la care un om deservește mai multe mașini, polideservire;

c. sistem loc de muncă la care mai mulți oameni, în colectiv, deservesc o mașină;

d. sistem loc de muncă la care mai mulți oameni, în colectiv, deservesc mai multe mașini, numărul de mașini fiind mai mare decît numărul de deservanți, polideservire colectivă;

e. sistem loc de muncă la care mai mulți oameni, în colectiv, deservesc, mai multe mașini, numărul de mașini fiind mai mic decît numărul de deservanți.

Din aceste forme, problema polideservirii apare practic mai frecvent în cazul b și tot mai puțin în cazul d.

2.3. MĂSURI PREGĂTITOARE PENTRU CREAREA CONDIȚIILOR DE APLICARE EFICIENTĂ A SISTEMULUI POLIDESERVIRII

Aplicarea sistemului polideservirii impune o pregătire temeinică a condițiilor în care să se poată aplica.

În primul rînd, ca și în cazul deservirii unei singure mașini, și în cazul deservirii mai multor mașini este necesar a se studia posibilitățile de reducere a timpilor care influențează durata ciclului de prelucrare propriu-zis, la care să fie necesară intervenția operatorului.

Pentru timpul de deservire se vor studia posibilitățile ca o parte din acest timp să fie suprapus cu timpul de funcționare automată a mașinii, reducîndu-se în acest fel durata de oprire a mașinii.

Scanned with OKEN Scanner

Prin studierea componentelor timpului de deservire se vor găsi condiții prin care să se reducă timpul de intervenție, parțial sau total, mai ales acela suprapus cu procesul de prelucrare și chiar o reducere a timpului de pregătire a operației de efectuat.

O problemă importantă de studiu este și aceea de a găsi modalități de reducere sau chiar de eliminare a unor sarcini ale operatorului, care se compun din timpii auxiliari sau timpii de altă natură ce solicită intervenții ale operatorului.

Prin acțiunile de reducere a tuturor componentelor timpului, care caracterizează procesul de prelucrare se obțin rezultate eficiente, deosebit de valoroase.

În vederea pregătirii aplicării polideservirii se va proceda la selectarea și formarea grupelor de piese care urmează a fi prelucrate, în așa fel încît să se poată obține condiții optime, atît în ceea ce privește durata de prelucrare, cît și calitatea produselor.

La formarea grupelor de piese se va lua deci în considerare durata procesului, gruparea făcîndu-se astfel încît să nu fie diferențe mari la timpii de mașină. Cu cît acești timpi sînt mai puțin diferențiați, cu atît se poate realiza o deservire fără apariția unor timpi de interferență, care să conducă la staționări ale mașinilor-unelte sau la timpii în care operatorul să aștepte.

Analizînd procesul de producție din cadrul unei întreprinderi, se poate constata, de cele mai multe ori, că pentru implementarea sistemului polideservirii trebuie efectuate căutări pentru a crea condiții favorabile de aplicare. Ținînd seama de complexitatea tehnologiilor care se aplică în cadrul întreprinderii printr-un studiu de analiză științifică se vor găsi modalități de aplicare pe o scară mai mare sau mai mică a sistemului polideservirii.

În mod deosebit, pe măsură ce se face înzestrarea cu mașini-unelte de înaltă tehnicitate se creează condiții favorabile de aplicare. Trebuie de reținut că prin aplicarea metodei polideservirii se pot obține rezultate tehnico-economice din cele mai bune.

2.4. TEHNICA COMBINĂRII OPERAȚIILOR DE EXECUTAT PE MAI MULTE MAȘINI PENTRU DIVERSE TIPURI DE PROCESE TEHNOLOGICE

2.4.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Deservirea mai multor mașini și cumularea de profesii își găsește aplicare în toate ramurile industriale și, în cadrul acestora, la diferitele tipuri de procese tehnologice.

Pentru toate aceste procese, posibilitatea lucrului la mai multe mașini și tehnica organizării lui depind de pregătirea producției și de organizarea generală a planificării ei.

Cînd întreprinderea are la dispoziție date reale asupra procesului tehnologic, structurii normelor de timp, nomenclaturii operațiilor etc. înseamnă

Scanned with OKEN Scanner

că ea dispune de elementele necesare pentru organizarea muncii la mai multe mașini.

O bună organizare a lucrului la mai multe mașini este strîns legată de o structură cît mai simplă a operațiilor, de aceea operațiile complexe trebuie să fie descompuse în operații mai simple, numărul trecerilor de la o mașină la alta să fie cît mai redus, iar timpul manual cît se poate de concentrat.

Există în întreprinderile noastre rezerve importante în ce privește restrîngerea operațiilor manuale sau concentrarea timpilor de mașină prin prelucrarea simultană a diferitelor piese (sau operații) pe mai multe mașini, folosindu-se o metodologie relativ ușoară.

În cazuri mai complexe, pentru fixarea condițiilor optime de fabricație, la deservirea mai multor mașini, și pentru stabilirea tehnicii combinării operațiilor de executat, se recurge la teoria șirurilor de așteptare, iar în condițiile unor sortimente diferite sînt indicate programarea liniară și alte metode ale cercetării operaționale.

Deservirea mai multor mașini își are aplicabilitatea la toate formele de organizare a producției, inclusiv în procesele automatizate sau automate, unde rolul deservantului este numai acela de a supraveghea procesul tehnologic de producție și de a interveni operativ pentru a elimina eventualele întreruperi provocate de diferite cauze.

Deservirea mai multor mașini și cumularea de profesii își găsește cîmp larg de aplicare și în procesele tehnologice de aparatură.

Tehnica combinării operațiilor de executat la mai multe mașini și a cumulării de profesii reclamă soluționări deosebite pentru diversele tipuri de procese tehnologice. Unele din aceste particularități se prezintă în continuare.

2.4.2. TEHNICA COMBINARII LA PRODUCȚIA DE UNICATE

Combinarea operațiilor pentru lucrul la mai multe mașini în cazul producției de unicate este o problemă organizatorică destul de complicată.

La producția de unicate pentru a se crea condițiile de organizare permauentă a muncii la mai multe mașini trebuie să se facă, chiar în perioada de pregătire, o clasificare și o indexare a lucrărilor de executat în vederea găsirii operațiilor caracteristice necesare pentru selecționarea variantelor raționale de combinare.

În acest scop se stabilesc următoarele elemente care ușurează organizarea executării diferitelor operații pe mai multe mașini de către un singur muncitor: tehnologia operațiilor și suprafața productivă în limitele căreia se pot efectua aceste operații; clasa operației care indică calificarea muncii, spre a nu se folosi muncitori cu o calificare superioară pentru operații care nu reclamă asemenea calificare; perioadele de timp manual și de mașină; succesiunea timpului manual; durata timpului total al operației; periodicitatea operației; mărimea lotului de prelucrat; coeficientul de utilizare a muncitorilor și de încărcare a mașinilor etc.

După această clasificare și indexare a lucrărilor de executat se stabilesc operațiile tipice pentru fiecare mașină în parte.

În cazul producției de unicate nu se pot stabili aprioric exact variante concrete de combinare. Dar pot fi stabilite condițiile de selecție a operațiilor,

Scanned with OKEN Scanner

iar pentru a ușura această muncă se fixează în prealabil anumite operații tipice pentru fiecare tip de mașină pe care urmează a fi efectuate lucrări.

Stabilirea caracteristicilor operațiilor și a mașinilor corespunzătoare se efectuează mai ușor cînd lucrările ce se execută se repetă și cînd se cunosc din timp lucrările ce urmează a se executa ; acestea putînd fi studiate și prevăzute în programul minimal lunar. Un astfel de caz îl prezintă comenzile de unicate pentru beneficiari perfectate din timp, inclusiv cu reparațiile preventive planificate și cu execuția unor piese de schimb pentru utilajele întreprinderii.

Ceva mai dificilă este organizarea combinării operațiilor de executat pe mai multe mașini, de un singur muncitor, în cazul lucrărilor urgente necesitate de economia națională, impuse ca sarcini suplimentare unor întreprinderi sau a reparațiilor incidentale și urgente din cadrul întreprinderilor. În mod practic, planificatorii și dispecerii trebuie să procedeze în acest caz astfel :

— să studieze situația comenzilor pe o perioadă oarecare de timp anterioară ;

— să aleagă din ele acelea care se repetă mai des ;

— să alcătuiască graficul operațiilor tipice, stabilind tehnologia respectivă ;

— să stabilească grupurile de mașini la care se vor executa aceste operații ;

— să întocmească planul operativ calendaristic și pe schimb sau pe 24 ore, în funcție de situația din trecut pe care să-l readucă la zi ;

— să-l pună în aplicare și să urmărească executarea lui.

2.4.3. TEHNICA COMBINĂRII LA PRODUCȚIA DE SERIE

La producția de serie, felul în care se face combinarea operațiilor se schimbă întrucîtva. Aici se stabilesc mai multe variante de combinări și se dau spre executare fiecărui muncitor o serie de operații care se repetă. În acest scop se procedează astfel :

— se fixează în prealabil operațiile pentru fiecare mașină, apoi se stabilesc variantele de combinare a operațiilor ;

— se fixează aceste date în grafice de combinare individuale pentru fiecare variantă în parte, care servesc la alegerea operațiilor și/sau în grafice recapitulative (tabele), pe graficele de mașini combinate pentru a fi deservite de un singur muncitor ;

— graficele și datele servesc ca documente justificative pentru planificarea operativă ; pe baza lor se întocmește graficul tehnologic pentru lucrul la mai multe mașini.

2.4.4. TEHNICA COMBINĂRII LA PRODUCȚIA DE MASĂ

La producția de masă, combinarea operațiilor e strîns legată de pregătirea tehnologică a producției și constituie etapa cea mai importantă a planului de proiectare a fluxului tehnologic și a organizării muncii. Aici combinarea operațiilor are un caracter stabil. Munca la mai multe mașini se poate realiza prin : deservirea simultană sau paralelă a mai multor mașini, fiecare

Scanned with OKEN Scanner

fiind posibilă datorită acoperirii timpului manual de timpii de mașină ; prin deservirea consecutivă care se bazează pe încărcarea diferită a mașinilor ca rezultat al procesului asincron ; prin deservirea simultană și consecutivă de către același muncitor, posibilă numai în anumite cazuri.

Tehnica combinării operațiilor pentru lucrul simultan la mai multe mașini este următoarea :

— ținîndu-se seama de principiul apropierii teritoriale, la proiectarea deservirii mai multor mașini este necesar să se ia în considerare numai acele operații care pot fi îndeplinite pe o singură linie și numai în cazuri speciale pe mai multe linii ;

— se face apoi un control experimental al normativelor pentru linie, cronometrîndu-se fiecare operație și înscriindu-se rezultatele pe un grafic general tehnologic ;

— pe baza datelor structurii timpului efectiv se construiește un grafic rezumativ pentru operațiile de efectuat pe linie. Studiul graficului și comparația structurii diferitelor operații permite gruparea mașinilor combinate pentru deservirea și fixarea normelor de deservire pentru fiecare operație ;

— rezultatul combinării operațiunilor se fixează apoi sub forma unui regulament, care cuprinde regulile deservirii mașinilor.

Deservirea mai multor mașini și cumularea de profesii prezintă cea mai mare eficacitate la producția de masă, unde fiecare operație se execută în mod continuu la același loc de muncă.

2.4.5. TEHNICA DESERVIRII MAI MULTOR MAȘINI ȘI A CONDUCERII PRODUCȚIEI ÎN PROCESELE TEHNOLOGICE MECANIZATE, AUTOMATIZATE ȘI AUTOMATE

1) Deservirea simultană a mai multor mașini se dezvoltă mult prin mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice. Mecanizarea și automatizarea își găsesc aplicare și în procesele de control ale producției, ca și cele de transport și în conducerea operativă a producției.

Revoluția care s-a produs în tehnica mijloacelor de producție a făcut ca munca de deservire a mașinilor-unelte să se transforme în muncă de comandă, supraveghere și control. Pentru deservirea mașinilor cu comandă numerică și automate cerințele activității și intervenției impun o pregătire superioară a lucrătorului (operatorului). Lucrătorul trebuie să fie bine pregătit tehnic, să cunoască procesul de așchiere și modul de funcționare a comenzilor numerice și automate, să aibă inițiativă, interdependență și mare răspundere față de mașini.

La deservirea mașinilor multiaxe se pot deosebi două cazuri :

Primul, la care arborii principali ai mașinii sînt antrenați simultan, unde timpul de mașină este determinat de prelucrarea care se execută la arborele cu timpul cel mai lung. Organizarea deservirii mai multor mașini se poate realiza, deoarece după terminarea operațiilor de prelucrare mașina se oprește.

În cel de-al doilea caz, arborii principali ai mașinii sînt antrenați individual, la aceste mașini timpul de mașină de la unii arbori trebuie să coincidă

Scanned with OKEN Scanner

cu timpul manual de la alți arbori, așa ca și în cazul deservirii mai multor mașini individuale.

Dacă acest lucru nu se poate realiza, atunci apar timpi de staționare la unii arbori, din cauza suprapunerii timpilor manuali cu cei de mașină.

2. Prin revoluția tehnică actuală, conducerea și deservirea mai multor mașini nu se îngustează, ci se lărgește. Operațiile manuale se înlocuiesc cu cele semiautomate și automate. Omul începe să deservească și să conducă un număr tot mai mare de mașini, pînă cînd și această muncă va fi preluată în mare măsură de mașini sau roboți.

Automatizarea, spre deosebire de mecanizare, asigură efectuarea întregului proces tehnologic fără intervenția omului, acesta avînd doar rolul de supraveghere și control al bunului mers al instalațiilor automatizate.

3. De la forma de automatizare, prin introducerea în producție a mașinilor și a agregatelor speciale automatizate, care nu cer intervenția omului, prin amplasare conform succesiunii procesului tehnologic, sincronizate cu dispozitivele de transport ce deplasează piesa de la un automat la altul, s-a ajuns la liniile automate de producție. O formă superioară a automatizării este reprezentată prin liniile automate de producție și mai nou la fabrici complet automatizate.

Automatizarea pune probleme importante pentru reducerea numărului deservanților, schimbarea profilului și recalificarea lor, care de cele mai multe ori trebuie să se facă la locul de muncă. În perspectivă, lucrătorul trebuie să aibe o calificare superioară, cunoștințe în domenii mai largi, să fie policalificat, pentru a putea interveni cu competență la apariția unor dereglări sau defecțiuni.

4. Conducerea automată a producției. Pentru conducerea operativă a procesului de producție, tehnica actuală pune la dispoziția omului un aparataj important, format din sisteme de automatizare prin care, pe baza informațiilor primite, sistemele de comandă și control iau decizii operative.

Sistemele sînt deci orientate în direcția eliminării omului, nu numai din procesul de deservire și supraveghere a mersului producției, ci și din procesul de conducere prin automatizarea conducerii, folosindu-se în acest scop calculatoare electronice care intervin direct și operativ în procesul de producție.

Pe baza informațiilor culese, calculatorul ia decizii în funcție de programul fixat de om pentru el și pe baza parametrilor stabiliți și controlați prin diferite sisteme de control, efectuează schimbările necesare pentru producție la parametrii prevăzuți.

2.4.6. TEHNICA DESERVIRII MAI MULTOR LOCURI DE MUNCĂ ȘI CUMULĂRII DE PROFESII ÎN PROCESELE TEHNOLOGICE DE APARATURĂ

Procesele tehnologice de aparatură se realizează prin acționarea unei energii mecanice, termice, optice, electrice sau chimice asupra însușirilor obiectelor muncii. Asemenea procese se găsesc în industria chimică, alimentară, ușoară, siderurgică și chiar în cea constructoare de mașini.

Scanned with OKEN Scanner

Organizarea și conducerea proceselor de aparatură reclamă mai mult decît celelalte procese tehnologice, mijloace speciale, compuse din aparate care să arate uneori la distanțe mari de la locul de muncă toate detaliile desfășurării procesului de producție.

Asemenea aparate sînt : contoare care înregistrează producția realizată, înregistratoare, grafice ale temperaturii, presiunii, vidului, televizoare care arată procesul de producție din acele locuri unde omul nu poate pătrunde din cauza temperaturii ridicate sau scăzute a mediului nociv etc. Pe baza datelor culese, organizarea și conducerea acestor procese se face, în cele mai multe cazuri centralizat, prin telecomenzi care reglează automat parametrii procesului tehnologic.

CAPITOLUL III

CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND APLICAREA METODEI DESERVIRII MAI MULTOR LOCURI DE MUNCĂ ÎN CADRUL UNUI SISTEM DE PRODUCȚIE

3.1. CERINȚE DE STUDIU ȘI ANALIZĂ PREMERGĂTOARE IMPLEMENTĂRII POLIDESERVIRII

Aplicarea metodei deservirii mai multor locuri de muncă, în cadrul unui sistem de producție, de către un muncitor sau de o echipă de muncitori, preocupă un număr mare de lucrători cu atribuții în domeniul organizării producției, luînd în considerare avantajele pe care le prezintă metoda.

Pentru studiul problemei se consideră necesar a se preciza unele aspecte generale și, îndeosebi, acelea care se referă la industria constructoare de mașini.

Aplicarea polideservirii, ca și în toate cazurile introducerii în procesul de producție a unor tehnologii bazate pe principii noi de organizare și aplicare, cere efectuarea unor analize temeinice asupra aspectelor tehnice, organizatorice și economice. În primul rînd, ca cerințe obiective, trebuie să se asigure folosirea optimă a capacităților de prelucrare a mașinilor și folosirea eficientă a timpului de lucru a muncitorului.

Pentru a se îndeplini aceste cerințe, se va determina raportul dintre timpul de funcționare a mașinilor fără supraveghere și timpul manual necesar pentru pregătirea și supravegherea operației de prelucrare. În funcție de acest raport se vor putea stabili condițiile aplicării sistemului polideservirii.

După stabilirea acestui raport, prin care apare evidentă disponibilitatea timpului lucrătorului pentru a deservi mai multe mașini, se vor analiza principalele aspecte ale procesului de prelucrare și anume :

— se vor analiza caracteristicile operațiilor de executat pe baza cărora se vor stabili mașinile de lucru ;

— se vor lua măsuri de dotare a mașinilor cu echipament tehnologic, SDV-uri, astfel ca să se asigure o reducere cît mai substanțială a timpului, auxiliar. Se vor prevedea dispozitive de fixare și de eliberare a pieselor și sculelor

Scanned with OKEN Scanner

se vor prevedea la mașinile-unelte, care nu le au, sisteme de comandă, pornire-oprire automată, sisteme de semnalizare a unor defecțiuni etc.;

— pentru că lucrătorul este obligat să se deplaseze, la fiecare mașină din grup, se vor studia posibilitățile de reducere la minimum a ciclului de parcurs de la o mașină la alta, prin amplasarea în așa fel a mașinilor-unelte încît itinerariul pe care trebuie să-l parcurgă să fie mai mic, avînd însă posibilitatea de supraveghere a procesului de prelucrare. Desigur, această organizare spațială a mașinilor-unelte, precum și itinerariul pe care îl are de parcurs lucrătorul sînt determinate de durata de funcționare a mașinilor fără supraveghere.

Numărul de mașini-unelte posibil a fi grupate pentru aplicarea polideservirii se determină în funcție de raportul dintre timpul de bază al mașinii și timpul de deservire a mașinii respective, ținînd seama de complexitatea tehnologică a prelucrării.

La organizarea spațială a mașinilor se va lua în considerare și succesiunea fazelor de lucru.

Pe baza amplasării spațiale a mașinilor se va studia sistemul de transport cel mai adecvat, urmărindu-se reducerea sau cel puțin ușurarea manipulărilor grele.

O problemă deosebit de importantă care va trebui să se rezolve este și aceea de a se asigura condiții optime de lucru printr-un mediu ambiant corespunzător creerii unei motivații pozitive.

Alte măsuri pregătitoare pentru aplicarea sistemului polideservirii se referă la studiul aspectelor ergonomice, la reducerea mînuirilor inutile, la eliminarea oboselii etc.

Pe lîngă aceste studii tehnico-organizatorice, pentru asigurarea creșterii productivității muncii trebuie să se facă o analiză sistematică asupra elementelor componente ale sistemului, a influenței acestora, a corelațiilor și interacțiunii dintre elementele procesului de producție. Studiul organizării polideservirii se va face pe baze științifice, ținînd seama că trebuie luate în considerare atît organizarea locului de muncă, cît și perfecționarea pregătirii profesionale a cadrelor care vor deservi sistemul. Se vor stabilii cu precizie timpii caracteristici ai procesului de prelucrare, se va rezolva problema retribuirii muncii din cadrul sistemului polideservirii.

3.2. DEFINIREA NOȚIUNII DE DESERVIRE A MAI MULTOR LOCURI DE MUNCĂ

În general, noțiunea de deservire a mai multor locuri de muncă se poate defini ca „un sistem de lucru în care locul de muncă al unui muncitor sau a mai multor muncitori este format din mai multe posturi la care, el sau ei, acționează simultan sau succesiv".

O definiție care să cuprindă toate laturile problemei este greu de dat. Considerăm însă că noțiunea de deservire a mai multor locuri de muncă poate fi conturată prin precizarea următoarelor aspecte, care se referă în mod deosebit la probleme tehnico-organizatorice.

Scanned with OKEN Scanner

a. După obiectul de uzinat pot apărea situații cînd trebuie să se execute operații omogene sau neomogene.

b. După cerința și regularitatea participării la deservirea locurilor de muncă multiple, aceasta poate să se facă într-o ordine bine determinată sau într-o ordine nedeterminată, întîmplătoare, care se încadrează în condițiile unor evenimente stochastice.

c. După numărul de participanți la polideservire, pot fi cazuri cînd deservirea se face de un singur lucrător sau de un grup de lucrători. Grupa poate fi formată din lucrători de aceeași profesie și calificare sau pot fi de profesii și calificări diferite.

d. După felul mașinilor și locurilor de muncă deservite, pot fi cazuri de deservire a unor mașini de aceleași tipodimensiuni sau mașini diferite ; cumularea lucrului la mașini dintr-o zonă cu diferite munci manuale din altă zonă ; cumularea numai de munci manuale din diferite zone în intervale de timp diferite în cursul zilei de lucru etc.

3.3. DEFINIREA NOȚIUNII DE POLICALIFICARE

Prin noțiunea de policalificare se poate înțelege deci, însușirea de către o persoană a unor cunoștințe profesionale dintr-un domeniu diferit sau apropiat de pregătirea sa de bază. Aceasta înseamnă că își lărgește cunoștințele teoretice și practice atît din punct de vedere al nivelului de pregătire, cît și al diversificării pregătirii sale.

În cadrul procesului de prelucrare, folosind sistemul polideservirii, pot să apară situații cînd grupa de mașini nu este formată numai din mașini-unelte de același tip, ci din tipuri diferite (exemplu : strunguri, freze, mașini de găurit, etc.). Pentru a putea deservi un astfel de grup, lucrătorul trebuie să-și însușească cunoștințe corespunzătoare pentru a putea aplica tehnologia de prelucrare corespunzătoare.

3.4. PROBLEME PRIVIND ORGANIZAREA SPAȚIALĂ A MAȘINILOR

În întreprinderile constructoare de mașini se întîlnesc o varietate mare de operații, dintre care se pot alege acelea ce pot fi executate de un muncitor la mai multe mașini. Din experiența de pînă acum, în alegerea operațiilor un prim principiu mai important este acela al alegerii operațiilor după apropierea teritorială a mașinilor de deservit.

Micșorarea distanței dintre mașini are importanță nu numai în scopul reducerii timpului de trecere de la o mașină la alta, ci și în scopul asigurării controlului concomitent al funcționării mașinilor repartizate muncitorului pentru deservire. În literatura consultată, în ramura industriei construcțiilor de mașini, se recomandă pentru tipurile mici de utilaje distanța de 2—4 m, iar pentru tipurile mari de utilaje de 5—7 m. În alte ramuri însă, în care se deser-

Scanned with OKEN Scanner

vesc mai multe mașini cu timpi neegali și cu ciclu neregulat, zona de deservire poate fi de pînă la circa 20 m și chiar mai mare. În cazul acesta, mașinile trebuie să fie situate astfel ca muncitorul să poată vedea din orice punct al traseului său întreaga zonă ce i s-a încredințat, iar sistemul de comandă al mașinilor, manetele și butoanele de comandă, sertarele auxiliare și dulapurile pentru scule etc. să fie astfel așezate încît muncitorul să aibă posibilitatea unei deserviri ușoare a mașinilor respective.

Practica a creat multe forme de amplasare a mașinilor în scopul deservirii lor, dintre care menționăm următoarele :

— așezarea în linie, în acest caz drumul parcurs de muncitori este foarte lung ;

— așezarea paralelă, care reduce considerabil drumul muncitorului în cazul deservirii a două mașini ce stau față în față ; situația este mai dificilă în cazul în care mașinile sînt paralele una față de alta, dar în unghi față de culoarele de alimentare cum este cazul mașinilor care prelucrează bare lungi ;

— așezarea în unghi, în acest caz muncitorul își întoarce doar puțin capul și are imediat în față mașina următoare pe care trebuie s-o deservească ;

— așezarea în cerc, care este convenabilă pentru muncitor, dar nu este practică pentru organizarea transportului și ocupă mult spațiu.

Pentru stabilirea unei amplasări cît mai avantajoase, se vor analiza activitățile care trebuie să le efectueze lucrătorul la fiecare mașină, știind că acestea sînt dependente de particularitățile constructive ale mașinilor-unelte care urmează a fi deservite, de particularitățile pieselor de prelucrat, de dispozitivele mașinilor și de mijloacele de transport folosite.

În fig. 3.1 se prezintă moduri de amplasare posibile. De menționat că la amplsarea mașinilor-unelte în sistemul polideservirii dacă nu se ține seama de observațiile de mai sus, de fapt și de altele ce vor fi menționate, nu se va putea obține o polideservire în condiții optime. Spre exemplu, în fig. 3.2, *a* așezarea paralelă este bună din punct de vedere al distanței și a supravegherii procesului de prelucrare, dar necorespunzătoare din punct de vedere a distanței față de sistemul de transport al pieselor de prelucrat.

În fig. 3.2, *b* se prezintă o situație îmbunătățită din punct de vedere a deservirii, dar indicele de folosire a suprafeței productive este scăzut.

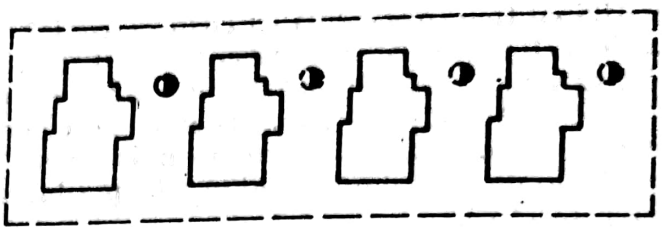
În fig. 3.2, *c* se prezintă o situație ameliorată și din acest punct de vedere, fiind în acest caz cea mai corespunzătoare.

Așezarea în linie, pentru anumite tipuri de mașini-unelte poate prezenta avantaje, dar uneori drumul parcurs de către lucrător poate fi foarte lung, ceea ce nu este de recomandat. În astfel de cazuri se va studia soluția așezării în paralel sau altă formă care să reducă la minimum posibil distanța de parcurs a lucrătorului, realizîndu-se în același timp și un unghi de supraveghere mai favorabil.

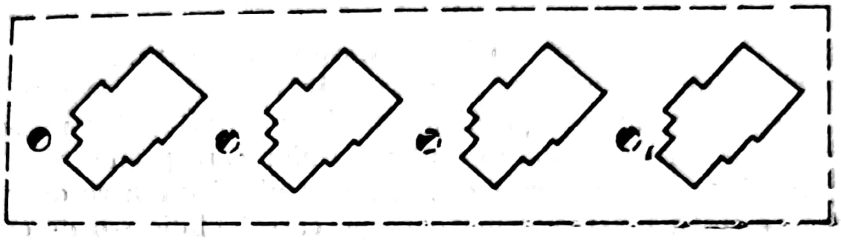
În cadrul sistemului de amplasare și organizare a mașinilor-unelte pentru crearea condițiilor de deservire se cere deci respectarea unor condiții care să asigure desfășurarea procesului de lucru în cele mai bune condiții. Acestea se referă la : asigurarea unei foarte bune vizibilități privind supravegherea procesului de lucru, asigurarea unui traseu de deplasare pentru lucrător ; se vor respecta, prin modul de amplasare, normativele de protecția muncii și paza contra incendiilor ; asigurarea unui transport rațional, utilizarea eficientă a spațiului productiv.

În fig. 3.3, *a*...*c* se prezintă alte cîteva exemple de amplasare.

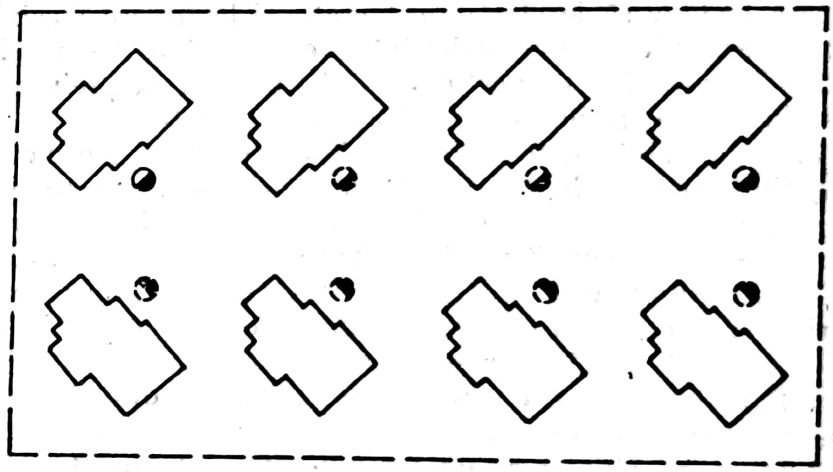
Scanned with OKEN Scanner



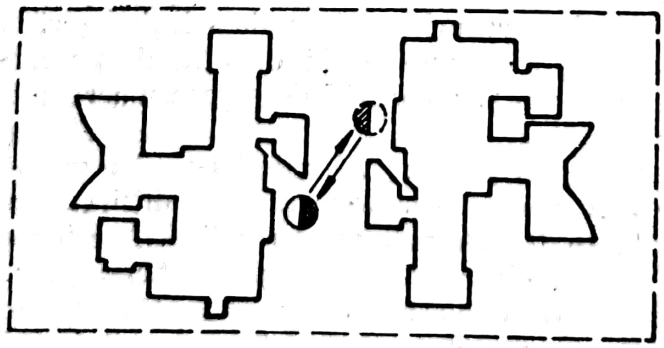
a



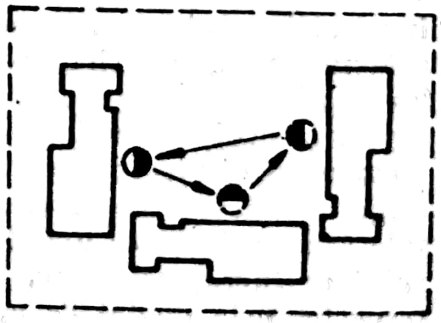
b



c



d



e

Fig. 3.1, *a*...*e*. Forme posibile de amplasare a mașinilor-unelte : a — în linie ; b — în linie înclinate ; c — mixtă-linie-paralele ; d — paralele ; e — unghi.

Scanned with OKEN Scanner

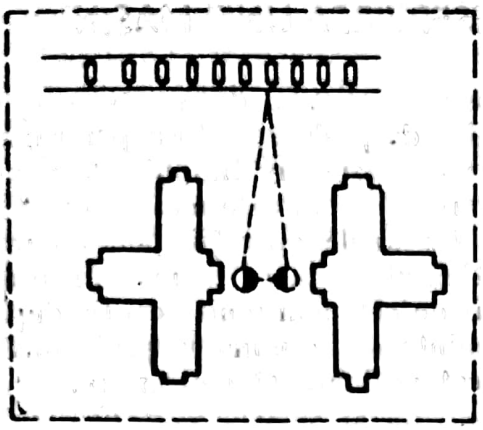


Fig. 3.2, *a*. Amplasare în paralel cu folosire necorespunzătoare a sistemului de transport.

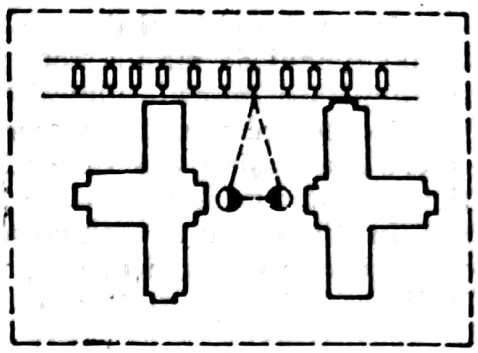


Fig. 3.2, *b*. Amplasare în paralel cu folosire necorespunzătoare a spațiului productiv.

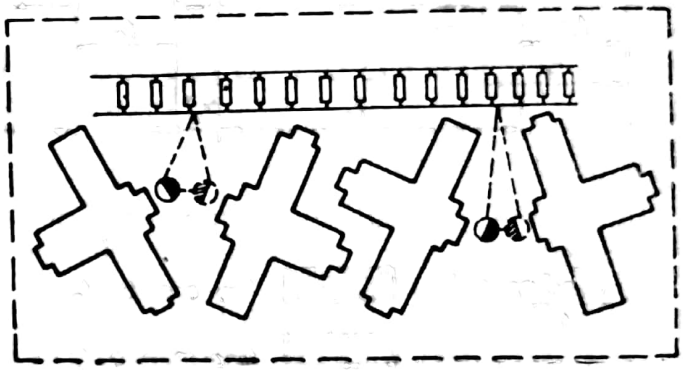
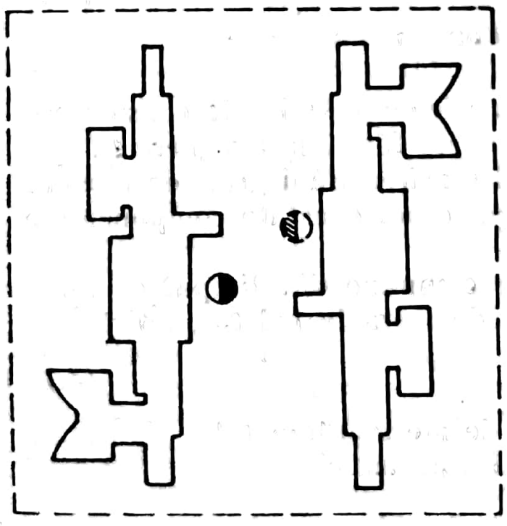
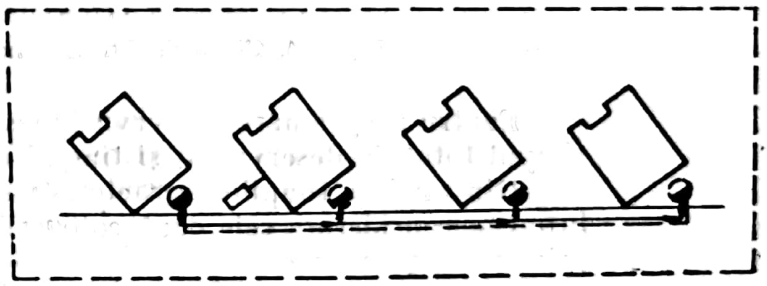


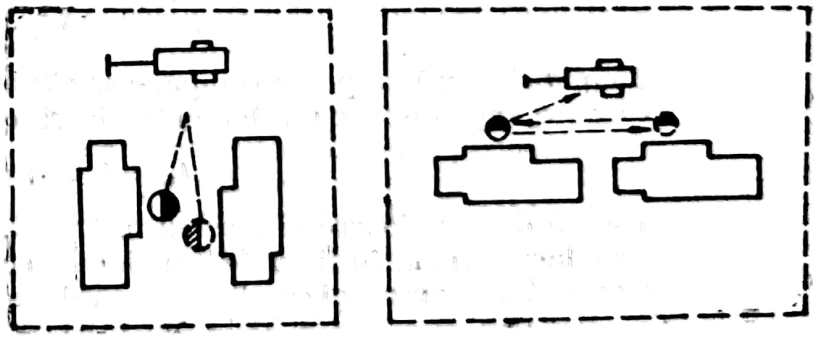
Fig. 3.2, *c*. Amplasare mai corespunzătoare.



a



b



c

Fig. 3.3, *a* . . . *c*. Exemple de amplasare corectă și incorectă din punct de vedere al deplasării lucrătorului, al posibilităților de supraveghere și al transportului.

Scanned with OKEN Scanner

3.5. STRUCTURA TIMPULUI LA DESERVIREA UNEI MAȘINI

În cadrul ciclului de deservire a unei mașini se disting două categorii de timp : timpul de mașină corespunzător timpului de prelucrare fără participarea directă a muncitorului și timpul de deservire, respectiv timpul folosit de lucrător pentru pregătirea operației de prelucrare, timp în care mașina nu lucrează sau mașina funcționează neproductiv. La unele operații pot apărea timpi de deservire care să se suprapună cu timpul de lucru al mașinii, așanumitul timp de interacțiune suprapus, întîlnit de cele mai multe ori fie după ce mașina intră în ciclu de prelucrare, fie înainte de terminarea prelucrării. În figura 3.4 se prezintă grafic ciclul simplificat de lucru al unei mașini.

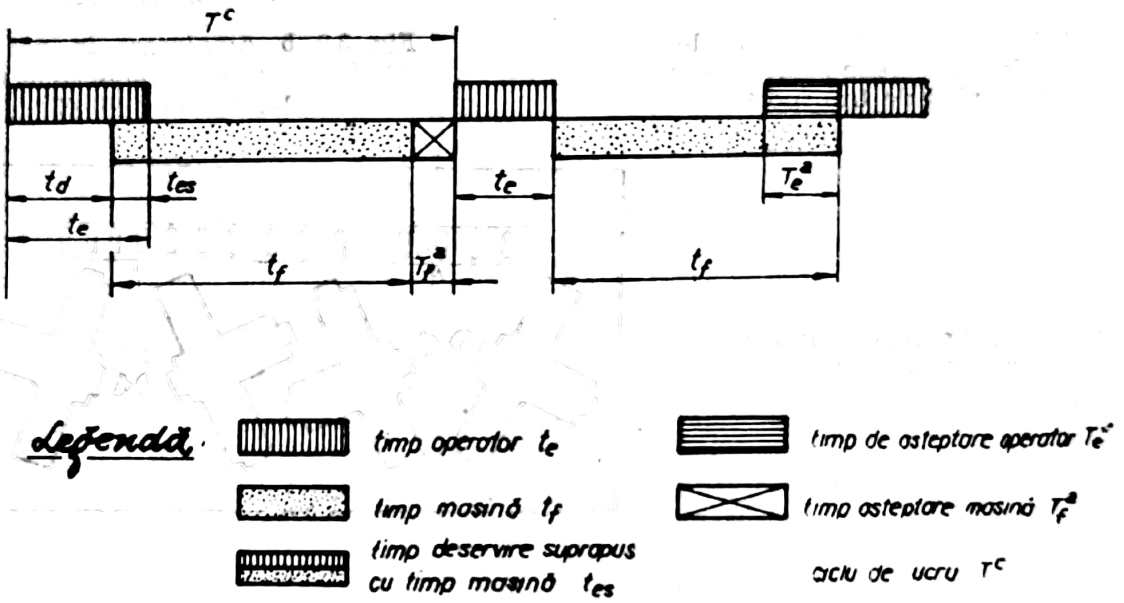


Fig. 3.4. Ciclu de lucru simplificat al unei mașini-unelte.

Pentru programarea deservirii mașinilor, în calcule se va lua în considerare timpul total de deservire t_e și timpul de funcționare fără supraveghere t_f.

Din analiza timpilor caracteristici la polideservirea unui grup de mașini, luînd în considerare cele două categorii de timp, se pot constata componentele principale, și anume :

1) Timpul de funcționare al mașinii t_f se compune din timpul de bază t_{Mb}, timpul auxiliar al mașinilor t_{Ma} și timpul de mers în gol t_{Mg}, adică

$$t_f = t_{Mb} + t_{Ma} + t_{Mg}. \tag{3.1}$$

Timpul de bază se poate compune din timpul de mers automat t_{Ma} și timpul care se suprapune cu intervenția lucrătorului t_{Mi}, astfel

$$t_{Mb} = t_{Ma} + t_{Mi}.$$

Timpul de funcționare al mașinii mai poate fi exprimat, sub aspectul participării lucrătorului, în timp de funcționare cu supraveghere t_{Ms} și timp de prelucrare fără supraveghere t_{Mfs}, prin relația

$$t_f = t_{Ms} + t_{Mfs}. \tag{3.2}$$

Scanned with OKEN Scanner

Timpul de staționare poate interveni din mai multe cauze, între acestea timpul de pregătire și încheiere t_{pi}, timpul de așteptare din cauza interferenței activității lucrătorului la alte mașini etc. Timpul total de deservire t_e cuprinde intervențiile lucrătorului în diferite faze : timpul de intervenție direct, manual sau manual mecanic t_d, timpul de pregătire-încheiere t_{pi}, timpul de supraveghere t_s, timpul de deplasare de la o mașină la alta t_{dp}, timpul de așteptare t_{as}, timpul de odihnă și necesități fiziologice t_{on}

$$t_e = t_d + t_{pi} + t_s + t_{dp} + t_{as} + t_{on}. \tag{3.3}$$

Pentru deservirea mai multor mașini se consideră ciclul format din : timpul de deservire t_{ds}, timpul de supraveghere t_s a funcționării mașinii, timpul de deplasare de la o mașină la alta t_{dp}

$$t_{cd} = t_{ds} + t_s + t_{dp}. \tag{3.4}$$

3.6. CARACTERISTICI ALE CICLULUI DE PRELUCRARE PE MAȘINI-UNELTE

Pentru implementarea polideservirii se impune efectuarea unor studii bine documentate științific, ținînd seama de caracteristicile mijloacelor de producție și a proceselor de prelucrare. Din multiplele soluții de lucru care se pot obține se va alege aceea care prezintă optimum atît din punct de vedere tehnic, cît și economic. Efectuarea studiului se va face pe baza cunoașterii caracteristicilor și particularităților ciclului de prelucrare.

În această privință se cunoaște din caracteristicile procesului de prelucrare pe mașini-unelte că acestea se pot diferenția în mașini-unelte la care ciclul are o anumită periodicitate predeterminată și constantă în timp și mașini-unelte la care ciclul este întîmplător.

În construcția de mașini, majoritatea mașinilor lucrează după un ciclu periodic. Acest ciclu se referă la perioada de începere a prelucrării, cînd se face încărcarea (fixarea piesei/pieselor), respectiv la terminarea prelucrării, cînd se descarcă mașina, perioade în care mașina nu lucrează. Ciclul de prelucrare propriu-zis la aceste mașini se desfășoară fără intervenția lucrătorului.

Ciclul de prelucrare ca și conținut și durată se deosebește în funcție de caracteristicile constructive a mașinilor-unelte folosite, acestea putînd fi de același tip sau de tipuri diferite, deosebirile și particularitățile fiind determinate de principalele operații care pot fi efectuate pe ele. În același timp, pe un anumit tip de mașină se pot efectua prelucrări ale unor piese sau produse de același fel sau pot fi diferite ca formă și dimensiune. Din aceste particularități se poate deduce că stabilirea activităților de deservire a mașinilor-unelte, a perioadelor de intervenție este o problemă destul de complicată, motiv pentru care este necesar a se studia posibilitățile de aplicare a polideservirii, luînd în considerare ciclurile și caracteristicile procesului tehnologic de prelucrare.

În vederea aplicării polideservirii în cele mai bune condiții se va analiza posibilitatea grupării de mașini a căror ciclu de lucru este foarte apropiat. Se poate menționa totuși că dacă ciclurile mașinilor-unelte sînt periodice,

Scanned with OKEN Scanner

chiar dacă timpul diferă în limite mici de la un ciclu la altul, se poate stabili un anumit grup de mașini cu un ciclu de polideservire sincronizat, ca o condiție neapărat necesară însă, este aceea că ciclul de lucru al fiecărei mașini să fie stabil.

La determinarea ciclului de deservire a mașinilor-unelte grupate într-un sistem de polideservire se cere a se cunoaște și precizia mărimii timpilor elementelor componente ale deservirii. Aceasta se referă la :

— timpul de prelucrare al mașinii fără a fi necesară intervenția lucrătorului ;

— timpul pentru deservirea (prinderea și desprinderea) piesei și alte operații necesare a fi efectuate de lucrători ;

— timpul de deservire suprapus cu timpul de prelucrare ;

— timpul auxiliar pentru pregătire și încheierea prelucrării ;

— timpul necesar pentru supraveghere a procesului de prelucrare ;

— timpul de deplasare de la o mașină la alta ;

— timpul de staționare (așteptare) om sau mașină ;

— timpul de mers în gol ;

— timpul de odihnă și necesități firești.

În cadrul studiului de aplicare a ciclului de prelucrare, în cazul unui proces de producție sincronizat, se vor analiza posibilitățile de reducere a timpului de prelucrare a mașinii-unelte, la eliminarea sau simplificarea sarcinilor de deservire sau se vor face transferări ale unor sarcini astfel ca să coincidă cu timpul de prelucrare.

Cele mai eficiente măsuri sînt acelea de reducere a duratei de deservire prin mecanizare și mai ales prin automatizare.

Tot în același scop se vor studia posibilitățile de reducere sau eliminare a timpilor de stagnare a mașinilor.

3.7. ALEGEREA OPERAȚIILOR DE PRELUCRARE DUPĂ STRUCTURA LOR TEHNOLOGICĂ

Pentru deservirea mai multor mașini de către un muncitor, trebuie să se ia în considerare : structura timpului manual în cadrul operațiilor, frecvența operațiilor, întreruperile timpului manual, adică structura tehnologică a operațiilor.

Din studiul proceselor de producție și mai ales a proceselor tehnologice este cunoscut faptul că operațiile tehnologice se realizează cu consumuri de timp ale operatorului și ale utilajului de bază (mașina).

Consumul sau norma de timp a operatorului (t_o) pentru o operație, după cum s-a văzut, cuprinde : timpul de intervenție (de acțiune manuală), timpul de supraveghere, timpul de așteptare — condiționat de tehnologia de fabricație, precum și timpul de odihnă și necesități fiziologice.

Timpul normat al operatorului în cazul deservirii mai multor mașini cuprinde de cele mai multe ori și timpul de interferență sau suprapunere, care este definit ca fiind timpul de întrerupere a unor utilaje ca urmare a faptului că operatorul este ocupat la alte utilaje care s-au oprit.

Scanned with OKEN Scanner

Consumul sau norma de timp a mașinii (t_f) pentru o operație cuprinde: timpul de funcționare utilă a mașinii, timpii auxiliari (în care utilajul nu funcționează) și timpii de staționare (datorită întreruperilor reglementare sau nereglementare).

Deservirea mai multor mașini este posibilă atunci cînd operatorul are posibilitatea să execute activități auxiliare (manuale sau manual-mecanice) pentru o mașină, în timp ce celelalte mașini au o funcționare utilă fără supraveghere.

Rezultă că pentru a se putea organiza deservirea mai multor mașini trebuie satisfăcută condiția

$t_f > t_e$ sau în formă generală

$$(t_{fi})_{max} > \sum_{i=1}^{n-1} t_{ei}, \quad i \notin (t_{fi})_{max}. \tag{3.5}$$

Numărul aproximativ de mașini ce pot fi deservite de un singur operator se poate determina cu ajutorul relației:

$$n = \frac{t_f}{t_e}. \tag{3.6}$$

Dacă considerăm solicitarea completă a operatorului, respectiv 100% pe locul de muncă, atunci solicitarea pe un post va fi

$$k_e = \frac{1}{n} = \frac{t_e}{t_f}, \tag{3.7}$$

unde: k_e este coeficientul de solicitare a operatorului pe un singur post.

Valorile coeficientului de solicitare k se determină pe bază de calcule și măsurători stabilindu-se normative de timpi.

Din analiza timpilor de mașină și a timpilor operatorului se pot desprinde următorii indici care conduc la aprecierea calității deservirii:

1. **Indicele de utilizare al mașinilor** — care este dat de timpul de folosire și timpul total disponibil al mașinii

$$k_M = \frac{t_{Mb} + t_{Ma}}{t_{Mb} + t_{Ma} + t_{Ms}}, \tag{3.8}$$

unde: t_{Mb} este timp de bază; t_{Ma} — timp auxiliar; t_{Ms} — timp de staționare.

2. **Indicele de utilizare efectivă a mașinii** — definit ca fiind raportul dintre timpul de bază și timpul total dosponibil al mașinii

$$\eta_u = \frac{t_{Mb}}{t_{Mb} + t_{Ma} + t_{Ms}}. \tag{3.9}$$

Acest indice arată de fapt gradul de utilizare al mașinilor. Tendința generală este ca acest indice să fie cît mai apropiat de unitate, practic neputînd atinge valoarea 1.

Analiza polideservirii urmărește stabilirea numărului optim de mașini, astfel încît timpii de întrerupere ai activității executantului și mașinilor să fie minimi și se realizează, de regulă, după următoarele criterii:

Scanned with OKEN Scanner

a. Structura şi durata operaţiilor de realizare a produsului

— deservirea maşinilor care execută operaţii identice cu aceeaşi durată ;
— deservirea maşinilor care execută operaţii diferite ca structură, dar cu aceeaşi durată ;
— deservirea maşinilor care execută operaţii multiple între ele ;
— deservirea maşinilor care execută operaţii cu durate diferite ;

Această clasificare corespunde cu recomandările Ministerului Muncii.

b. Tipul maşinilor

— deservirea maşinilor de aceleaşi tipodimensiuni ;
— deservirea maşinilor de tipodimensiuni diferite.

3.8. ANALIZA DESERVIRII MAI MULTOR MAŞINI ÎN FUNCŢIE DE STRUCTURA ŞI DURATA OPERAŢIILOR TEHNOLOGICE

Parametrii ce caracterizează cazurile de polideservire sînt următorii :
— durata ciclului de lucru a fiecărei maşini (t_{fi}) ;
— durata ciclului polideservirii (T^c) ;
— numărul optim de maşini ce pot fi deservite (n) ;
— timpul de aşteptare al executantului (T_e^a) ;
— timpul de interferenţă sau suprapunere (T_f^a).

Durata ciclului de lucru al unei maşini se determină cu relaţia

$$T_e^c = t_f + t_e$$

sau sub formă mai generală

$$T^c = (t_{fi})_{max} + t_{ei} > \sum_{i=1}^{n} t_{ei}, \tag{3.10}$$

unde : T^c este ciclul de lucru al unei maşini ;
t_f — timpul de funcţionare a maşinii fără supraveghere ;
t_e — timpul operatorului sau executantului, se admite

$$t_e = t_d + t_s + t_{pi} + t_{on}, \tag{3.11}$$

unde : t_d este timpul de deservire sau intervenţie al operatorului ;
(În cele mai multe cazuri timpul de supraveghere este inclus în timpul de deservire.)
t_s — timpul de supraveghere a funcţionării maşinii ;
t_{pi} — timpul de pregătire-încheiere $\left(\frac{t_{pi}}{n}\right)$;
t_{on} — timpul de odihnă şi necesităţi fiziologice.

Scanned with OKEN Scanner

Durata ciclului polideservirii T^c în cazul operațiilor identice cu aceeași durată — se determină cu relația :

$$T^c = t_f + t_e. \tag{3.12}$$

Egalitatea relațiilor (3.10) și (3.12) este caracteristică acestui caz (operații identice cu durata egală).

Numărul optim de mașini ce pot fi deservite

$$n = \frac{t_f + t_e}{t_e} \quad \text{sau} \quad n = \frac{t_f}{t_e} + 1. \tag{3.13}$$

Dacă n este fracționar, se rotunjește la număr întreg. Pentru aplicarea polideservirii apare evidentă necesitatea respectării condiției ca $t_f > t_e$; altfel nu poate avea loc deservirea mai multor mașini.

La deservirea unui grup de mașini poate să apară situații cînd unele să nu lucreze din cauză că așteaptă să fie deservite, adică apar stagnări ale procesului de prelucrare din cauza timpilor de interferență.

Dacă polideservirea se aplică la mașini-unelte automate, apar situații cînd nu este solicitat să intervină operatorul, deci va avea timpul de așteptare.

Pentru determinarea timpilor de interferență se va lua în considerare modul în care se desfășoară procesul de prelucrare. În această privință se pot deosebi procese la care intervenția operatorului se cere a se face la un timp bine determinat și procese la care intervenția operatorului se necesită la timpi nedeterminați, adică aleatori. Primul se întîlnește obișnuit în industria constructoare de mașini, iar cel de-al doilea mai ales în industria textilă.

În industria constructoare de mașini, procesul de prelucrare, deci funcționarea mașinilor-unelte folosite în sistemul polideservirii este un proces ciclic. Mașinile-unelte pe perioada încărcării, respectiv descărcării nu funcționează. Între aceste operații este perioada de lucru propriu-zisă a mașinii-unelte, fără ca să fie necesară intervenția operatorului. Dacă în procesul de prelucrare este necesară intervenția sau supravegherea permanentă, nu se poate pune problema încadrării unei astfel de mașini-unelte în sistemul polideservirii.

Pentru stabilirea numărului de mașini care pot fi grupate în vederea aplicării sistemului polideservirii, din relațiile care exprimă legătura între componentele timpului care determină ciclu de lucru se poate exprima coeficientul de utilizare a timpului disponibil al executantului (specialistului).

Din expresia ciclului de lucru

$$T^c = \sum_1^n t_{ei} + T_e^a, \tag{3.14}$$

se obține pentru timpul de așteptare al operatorului

$$T_e^a = T^c - \sum_1^n t_{ei}. \tag{3.15}$$

Coeficientul de utilizare al timpului lucrătorului k_{ei} se poate exprima sub forma

$$k_{ei} = \frac{T_a^c - T_e^a}{T^c} = 1 - \frac{T_e^a}{T^c} = \frac{\sum_1^n t_{ei}}{T^c}. \tag{3.16}$$

Dacă se admite o valoare medie aritmetică a timpului de deservire a grupei n de mașini, atunci se poate scrie relația sub forma

$$T^c = n\bar{T}_e + T_e^a, \tag{3.17}$$

media aritmetică se obține

$$\bar{T}_e = \frac{\sum_1^n t_{el}}{n}. \tag{3.18}$$

Împărțind egalitatea (3.17) cu T_c și înlocuind $\frac{T_e^a}{T^c}$ cu $1-k_e$ se obține

$$\frac{n\cdot\bar{T}_e}{T^c} - k_{el} = 0, \text{ de unde: } n = k_{el}\frac{T^c}{\bar{T}_e}, \tag{3.19}$$

adică cunoscînd durata ciclului maxim T^c_{max}, prin determinarea mediei aritmetice a timpilor de deservire a celor n mașini, stabilind apriori coeficientul de utilizare a timpului operatorului k_{el} se poate determina numărul de mașini posibile a fi deservite.

Din condițiile practice experimentale se admit valori pentru coeficientul de utilizare al timpului operatorului între 0,60 ... 0,80, în funcție de condițiile de lucru.

În cazul unor amplasări apropiate a celor n mașini, în condiții de deservire mai ușoară, se admit valori superioare, iar în cazul unor condiții dificile valori inferioare. În continuare se prezintă un exemplu de calcul. Se admit valori ale problemei prezentate în tabelul 3.1 și $k_{ef}=0{,}70$

$$T_e = \frac{\sum_1^n t_{el}}{n} = 1{,}7\ ;\ T^c_{max} = 9{,}5\ [\text{min}],$$

numărul de mașini în aceste condiții va fi

$$n = k_{ef}\frac{T^c}{\bar{T}_e} = 0{,}70\cdot\frac{9{,}5}{1{,}7} \equiv 4,$$

rezultă că se pot deservi de un executant patru mașini. Se admit mașinile 1—4 și se verifică varianta admisă

$$T^c_{max} = 9{,}5\ ;\ \bar{T}_e = 1{,}5\ [\text{min}],$$

$n = 0{,}70\cdot\frac{9{,}5}{1{,}5} = 4{,}43$, deci se pot deservi patru mașini în bune condiții, coeficientul de utilizare a timpului executantului fiind ceva mai mare decît cea admisă (0,63). Dacă s-ar admite cele cinci mașini, coeficientul ar fi de 0,84. Timpul de interferență (T) este egal cu zero atunci cînd timpul de utilizare al fiecărei mașini fără supraveghere este egal cu timpul consumat pentru deservirea altor mașini, adică atunci cînd este satisfăcută relația

$$t_f = t_e\,(n-1). \tag{3.20}$$

Dacă există diferenţe, adică $t_f > t_e(n-1)$, atunci apar interferenţe, adică maşinile aşteaptă să fie deservite. Mărimea T_f^a se poate determina în formă simp'ă cu relaţia

$$T_f^a = T^c - (t_f + t_e). \tag{3.21}$$

Tabelul 3.1

Valori măsurate pentru timpi pentru exemplul de calcul

Maşina	1	2	3	4	5
t_{ei}	0,5	1,5	2	2	2,5
t_{fi}	6,5	7	7	7,5	6
T_i^c	7	8,5	9	9,5	8,5

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL IV

METODE DE ANALIZĂ A POSIBILITĂȚILOR DE APLICARE A POLIDESERVIRII ÎN FUNCȚIE DE DURATA ȘI STRUCTURA OPERAȚIILOR TEHNOLOGICE BAZATE PE PRINCIPIUL GRAFO-ANALITIC

4.1. POLIDESERVIREA ÎN CONDIȚIILE DE EXECUȚIE DE OPERAȚII IDENTICE, DE ACEEAȘI DURATĂ ȘI STRUCTURĂ

În condițiile de execuție a unor operații identice și de aceeași durată și structură timpii executantului și de mașină vor fi aceiași. Dacă timpul de funcționare automată a mașinii-unelte, fără supraveghere directă, este mai mare decît suma timpilor de deservire a celorlalte mașini, se poate asigura organizarea polideservirii în condiții optime. Această condiție este dată de relația

$$t_f=(n-1)\,t_e, \tag{4.1}$$

în care: t_f este timpul de funcționare al mașinii fără intervenția operatorului;
t_e — timpul de deservire;
n — numărul de mașini-unelte ce urmează a fi deservite.

Dacă relația nu este satisfăcută, pot apărea două situații:

a) $t_f < (n-1)\,t_e$, ceea ce înseamnă că în funcționarea mașinilor apar timpi de așteptare pentru a fi deservite (timpi de interferență a mașinilor), iar dacă

b) $t_f > (n-1)\,t_e$ arată că în activitatea operatorului apar timpi de așteptare.

Numărul de mașini (n) care pot fi deservite de un executant fără să existe timp de așteptare a mașinilor, se determină astfel

$$n \leqslant \frac{t_e+t_f}{t_e}=1+\frac{t_f}{t_e}. \tag{4.2}$$

Scanned with OKEN Scanner

Cînd n este număr întreg se admite cel calculat, dacă n este fracționar se admite numărul întreg și se omite partea zecimală.

Durata ciclului polideservirii (T^c) și durata ciclului de lucru al unei mașini sînt egale, deoarece se execută operații identice și de aceeași durată, calculate cu relația

$$T^c = t_c = t_f + t_e. \tag{4.3}$$

Timpul de așteptare al executantului T_e^a, în cadrul ciclului considerat, se determină cu relația

$$T_e^a = T^c - \sum_{i=1}^{n} t_{ei} = T^c - nt_e, \tag{4.4 a}$$

în care i este numărul mașinii deservite. Timpul de așteptare a mașinii în cadrul ciclului polideservirii se determină cu relația

$$T_f^a = \sum_{i=1}^{n} t_{ei} - (t_f + t_e). \tag{4.5}$$

Pentru studiul posibilităților de aplicare a polideservirii în condițiile considerate se admite exemplul grupării a trei mașini-unelte, avînd caracteristicile timpului din tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Operații identice și de aceeași durată și structură

Număr mașină	Caracteristici timp		$T^c = t_e + t_f$
	operator	mașină	
	$t_e = t_a + t_s + t_{pi} + t_{ap}$ (min)	$t_f = T_{Mb} + t_{Ma} + t_{Mc}$ (min)	
1	3	7,5	10,5
2	3	7,5	10,5
3	3	7,5	10,5

Din valorile cuprinse în tabel se observă că prima condiție $t_f > t_e$ este îndeplinită. De asemenea, numărul de mașini admis cu relația :

$$n = \frac{t_f}{t_e} + 1 \; ; \quad n = \frac{7,5}{3} + 1 = 3,5 \; ;$$

rotunjirea se face la valori întregi inferioare, deci se admit $n = 3$ mașini, avînd astfel posibilitatea de a se asigura o folosire mai bună a timpilor de mașină.

Din condiția $t_f \gtrless (n-1)\, t_e$ se constată apriori că operatorul va avea timp de așteptare ($t_f = 7,5 > (n-1)\, t_e = 6$). Valoarea timpului de așteptare va fi

$$T_e^a = T^c - nt_e = (3 + 7,5) - 3.3 = 1,5 \text{ [min]}.$$

Scanned with OKEN Scanner

O verificare a modului de satisfacere a polideservirii se poate face cu ajutorul unei ciclograme. În figura 4.1, *a* se prezintă ciclograma exemplului admis. Pentru exemplificare se prezintă situația dacă se consideră în grup patru mașini-unelte avînd aceleași caracteristici de timp.

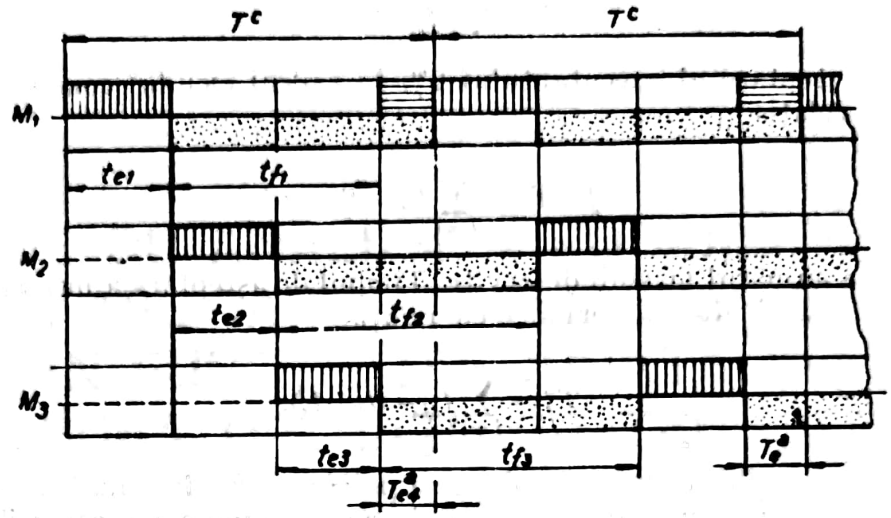


Fig. 4.1, *a*. Ciclograma pentru deservirea a 3 mașini-unelte care execută operații identice și de aceeași durată.

Din condiția : $t_f \leqslant (n-1)\, t_e$; $t_f = 7{,}5 < (4-1)\, 3 = 9$ se obține că vor fi timpi de întrerupere în funcționarea mașinilor

$$T_f^a = \sum_{i=1}^{n} t_{ei} - T^c = 12 - 10{,}5 = 1{,}5 \text{ [min]}.$$

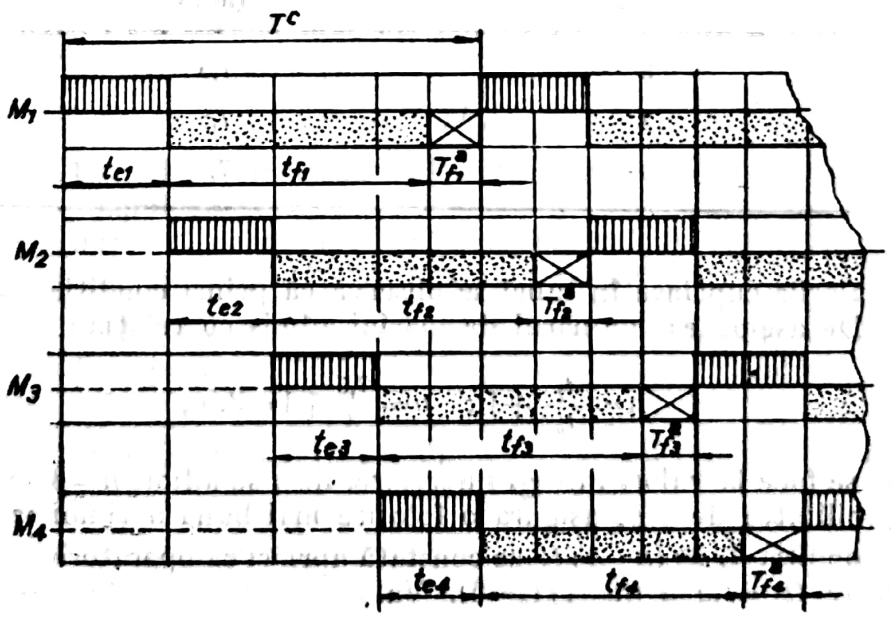


Fig. 4.1, *b*. Ciclograma pentru deservirea a 4 mașini-unelte care execută operații identice și de aceeași durată.

Scanned with OKEN Scanner

Verificarea dacă sînt timpi de aşteptare pentru operator se face cu relaţia :

$$T_e^a = T^c - \left[t_{e\,max} + \left(\sum_{i=1}^{n} t_{ei} - t_{e\,max} \right) a \right] = 10{,}5 - 12 < 0, \qquad (4.4, b)$$

reiese că operatorul este suprasolicitat. În figura 4.1, *b* se prezintă ciclograma pentru acest exemplu.

4.2. POLIDESERVIREA ÎN CONDIŢIILE EFECTUĂRII UNOR OPERAŢII DIFERITE, DAR DE ACEEAŞI DURATĂ A CICLULUI

În aceste condiţii, cînd operaţiile care se execută sînt diferite, dar cu durata egală a ciclului, fiecare maşină avînd ciclul propriu de lucru, expresia acestuia va fi :

$$T_1^c = t_{f1} + t_{e1},$$

$$T_2^c = t_{f2} + t_{e2},$$

$$T_3^c = t_{f3} + t_{e3},$$

$$\ldots\ldots\ldots$$

$$T_n^c = t_{fn} + t_{en}.$$

Ciclurile fiind egale, înseamnă că

$$T_1^c = T_2^c = T_3^c = \ldots = T_n^c.$$

Admiţînd valori pentru timpii de lucru date în tabelul 4.2, durata ciclului este $T^c = 21$ minute.

Tabelul 4.2

Operaţii diferite cu aceeaşi durată a ciclului

Nr. maşină	Caracteristici timp		T^c
	t_e	t_f	
1	6	15	21
2	5	16	21
3	7	14	21

Numărul optim de maşini, luînd în considerare timpii caracteristici ai celor trei maşini, se obţin din expresiile :

$$n_1 = \frac{t_f}{t_e} + 1 = \frac{15}{6} + 1 \text{ adm is } n_1 = 3,$$

Scanned with OKEN Scanner

$$n_2 = \frac{t_{f2}}{t_{e2}} + 1 = \frac{16}{5} + 1 \text{ admis } n_2 = 4,$$

$$n_3 = \frac{t_{f3}}{t_{e3}} + 1 = \frac{14}{7} + 1 = 3.$$

Se admit pentru prima variantă de studiu trei mașini-unelte. Timpul de așteptare al operatorului va fi

$$T_e^a = T^c - \sum_{i=1}^{3} t_{ei} = 21 - (6+5+7) = 3 \text{ [minute]}.$$

Timpul de interferență va fi egal cu zero, dacă sînt satisfăcute condițiile

$$T_{s1} \geqslant (n_1 - 1)\, t_{e1} \quad \text{sau} \quad 15 > (3-1)6,$$

$$T_{s2} \geqslant (n_2 - 1)\, t_{e2} \quad \text{sau} \quad 16 > (4-1)\,5,$$

$$T_{s3} \geqslant (n_3 - 1)\, t_{e3} \quad \text{sau} \quad 14 = (3-1)\,7.$$

Ciclurile de lucru fiind egale, dacă se cuprind în timpul operatorului toate componentele intervențiilor care trebuie să le efectueze, nu vor apărea timpi de interferență.

Ciclograma polideservirii se prezintă în figura 4.2.

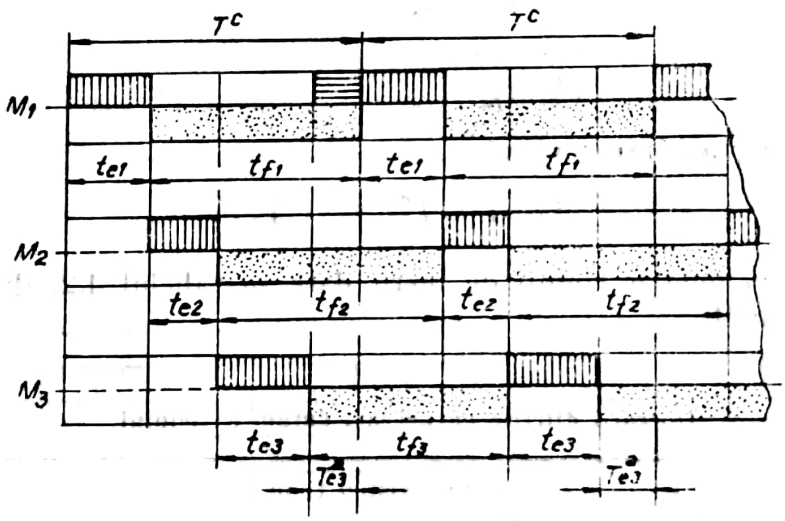


Fig. 4.2. Ciclograma pentru deservirea a 3 mașini-unelte care execută operații diferite, dar de aceeași durată a ciclului.

4.3. POLIDESERVIREA ÎN CONDIȚIILE CÎND MAȘINILE EXECUTĂ OPERAȚII MULTIPLE, UNELE AVÎND ACEEAȘI DURATĂ ȘI CICLU

În acest caz fiecare mașină are un ciclu diferit, dar între ele există un raport simplu (număr întreg). Se consideră exemplul avînd datele inițiale din tabelul 4.3.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.3

Operații cu durate multiple unele având aceeași durată și ciclu

Număr mașină	Caracteristici timp		$T^c=t_e+t_f$
	operator	mașină	
	$t_e=t_a+t_s+t_{pt}+t_{ap}$	$t_f=t_{Mb}+t_{Ma}+t_{Ms}$	
1	2	10	12
2	1	5	6
3	1	5	6
4	1	5	6
5	1	5	6

Raporturile dintre ciclurile cu durată maximă și minimă se numește „raport de multiplicare"

$$a=\frac{T^c_{max}}{T^c_{min}}=\frac{(t_f+t_e)\,max}{(t_f+t_e)\,min}=\frac{12}{6}=2. \qquad (4.6)$$

Ciclul polideservirii se va considera acela care are ciclul cu durata mai mare

$$T^c=(t_f+t_e)_{max}=10+2=12\ [\text{min}].$$

Numărul de mașini posibil a fi deservite se poate calcula numai cu aproximație cu relația

$$n_{2,3}\leqslant\frac{t_{f\,(2,3)}}{t_{e\,(2,3)}}=\frac{5}{1}=5.$$

De obicei, în astfel de cazuri este necesară verificarea condițiilor

$$t_{f\,min}\geqslant\sum_{i=1}^{n}t_{ei}-t_{e\,min};\quad 5\geqslant 6-1=5.$$

Din relație reiese o verificare la limită. Cea de a doua relație de verificat

$$t_{f\,max}\geqslant(a-1)\,t_{f\,min}+t_{e\,min}\,a;\ (10\geqslant(2-1)\,5+1\cdot 2)=7.$$

Se verifică și această condiție.

Dacă aceste condiții nu sînt satisfăcute se va face o nouă verificare, calculîndu-se valoarea timpului de interferență. Aplicînd relația

$$T^a_f=T^c\,(t_{ei}+t_{fi}),\quad a\geqslant 0,$$

Scanned with OKEN Scanner

în cazul considerat se obține

$$T^a_{l_1}=12-(10+2)=0,$$
$$T^a_{l_2}=12-(5+1)\,2=0,$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$T^a_{l_5}=12-(5+1)\,2=0.$$

Deci nu apar interferențe. O verificare care oferă orientări asupra modului de folosire a timpului operatorului se poate face cu relația

$$T^a_e=T^c-\left[t_{e\,max}+\left(\sum_{i=1}^{n} t_{ei}-t_{e\,max}\right)a\right]=12-[2+(6-2)\,2]=$$
$$=12-10=2\ [\text{min}].$$

Din rezultatul obținut poate apărea tentația de a se încerca condițiile de deservire multiple a 6 mașini, ținînd seama că pentru o mașină acest timp este numai de un minut. Din calcule rezultă că sînt îndeplinite condițiile de limită și pentru această situație

$$t_{f\,min} \geqslant \sum_{i=1}^{n} t_{ei}-t_{e\,min};\ 5 \geqslant (6-1)=5\ [\text{min.}],$$

$$t_{f\,max} \geqslant [(a-1)\,t_{f\,min}+t_{e\,min}\cdot a],$$

$$a=\frac{T^c_{nax}}{T^c_{min}}=2,\ \text{deci}\ 10 \geqslant [(2-1)\,5+1\cdot 2];\ (10 \geqslant 7).$$

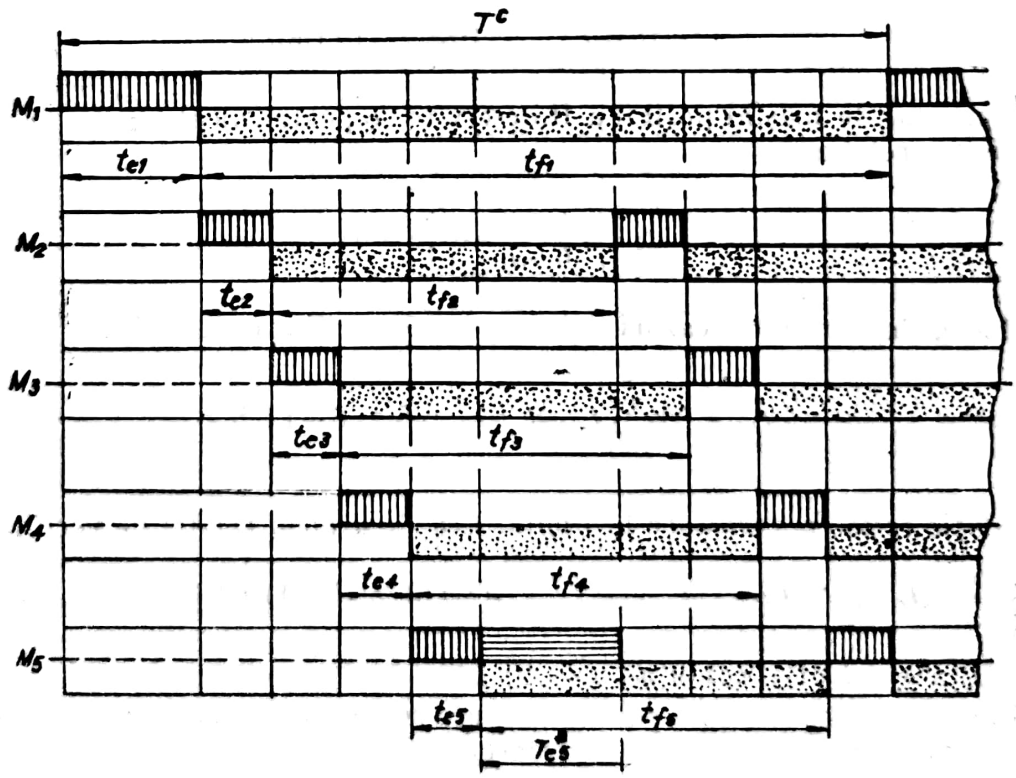


Fig. 4.3. Ciclograma pentru deservire a 5 mașini-unelte care execută operații cu durate multiple, unele avînd operații identice.

Trebuie însă să remarcăm faptul că în această condiție operatorul va fi suprasolicitat, ceea ce nu este recomandat mai ales că în ciclul de lucru al operatorului nu au fost cuprinse toate componentele ciclului ce pot apărea în timpul procesului de prelucrare. Astfel, nu a fost cuprins timpul de odihnă și necesități fiziologice, timpi de întreruperi accidentale etc. În aceste condiții se va admite deservirea a 5 mașini, a căror polideservire se va putea face în bune condiții, folosindu-se în același timp, fără întreruperi, capacitatea de lucru a mașinilor-unelte. Ciclograma se prezintă în figura 4.3.

4.4. POLIDESERVIREA ÎN CONDIȚIILE CÎND MAȘINILE-UNELTE EXECUTĂ OPERAȚII DIFERITE

Compunerea unui grup de mașini-unelte avînd fiecare mașină alt ciclu de lucru, atît ca structură, cît și ca durată, prezintă unele particularități față de exemplele tratate pînă aici. Din aceste motive, modul de analizare a condițiilor în care se poate realiza polideservirea prezintă unele dificultăți.

Pentru determinarea ciclului de lucru se va lua în considerare cel mai lung ciclu dintre acelea ale mașinilor sau cel al sumei timpilor de deservire a fiecărei mașini din grup, în funcție de cum se prezintă corelația dintre ele, adică din condiția $t_{f\,max} \leqslant \sum_{i=1}^{n} t_{ei}$. Deoarece în condițiile cînd operațiile sînt diferite, în mod inevitabil vor apărea timpi de interferență sau de așteptare în interiorul ciclului, este necesar a se face, la admiterea numărului de mașini, o determinare a succesiunii deservirii în cadrul grupului astfel ca interferența să aibă o valoare cît mai mică.

Ca exemplificare se consideră un grup de mașini-unelte avînd pentru procesul de prelucrare caracteristicile timpilor dați în tabelul 4.4*a*. Verificînd numărul de mașini cu ajutorul relației (4.2) rezultă

$$n_1 = \frac{t_{f1}}{t_{e1}} + 1 = \frac{4{,}0}{1{,}5} + 1 \cong 3, \qquad n_2 = \frac{t_{f2}}{t_{e2}} + 1 = \frac{4{,}3}{1{,}0} + 1 \cong 5,$$

$$n_3 = \frac{t_{f3}}{t_{e3}} + 1 = \frac{4{,}4}{0{,}8} + 1 \cong 6.$$

Tabelul 4.4a

Operații diferite și durate diferite, cazul a 3 mașini

Număr mașină	Structură timp		T^c
	operator t_e	mașină t_f	
1	1,5	4,0	5,5
2	1,0	4,3	5,3
3	0,8	4,4	5,2
	$t_e = 3{,}3$	$t_f = 12{,}7$	

Scanned with OKEN Scanner

Valorile obținute sînt destul de diferențiate, cum era de altfel de așteptat. În prima fază se admit 3 mașini. Pentru determinarea ciclului de lucru, ținînd seama de valorile admise, se obține

$$t_{f\ max} > \sum_{i=1}^{3} t_{ei}, \quad \text{adică} \quad (4,4 > 3,3).$$

Ciclul pentru cazul considerat va fi $T_1^c = 5,5$ minute. Din calculul timpului de interferență se obține

$$T_f^a = \sum_{i=1}^{n} t_{ti} = 3T^c - \sum_{i=1}^{n} (t_e + t_f)_i = 16,5 - 16,0 = 0,5 \text{ [minute]}.$$

Timpul de așteptare al operatorului

$$T_e^a = T^c - t_{e\ max} + \left(\sum_{i=1}^{n} t_{ei} - t_{e\ max} \right) a = 5,5 - 1,5 + (33 - 1,5)\ 1 = 2,2 \text{ [min]},$$

a fiind egal cu $\frac{T^c_{max}}{T^c_{min}} = \frac{5,5}{5,2} \simeq 1$.

Desfășurarea ciclului de lucru se poate constata din ciclograma din figura 4.4, *a*.

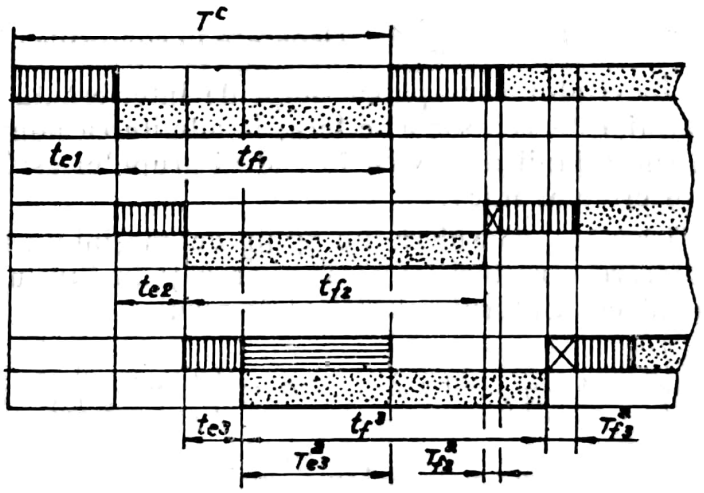


Fig. 4.4, *a*. Ciclograma pentru deservirea mai multor mașini-unelte care execută operații diferite, cazul a 3 mașini-unelte.

Deoarece se remarcă o durată de 2,2 minute timp de așteptare a operatorului pe ciclu de lucru, se poate verifica situația în cazul deservirii a 4 mașini.

În condițiile de cuprindere în timpul de deservire a tuturor componentelor admițînd caracteristicile timpilor prezentate în tabelul 4.4*b*, se constată:

Pentru ciclul maxim valoarea $T^c_{max} = 6$ minute.

Din verificarea timpului de interferență se obține

$$T_f^a = 4T^c - \sum_{i=1}^{n} (t_{ei} + t_{fi}) = 24 - 22 = 2 \text{ [minute]}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.4b

Operaţii diferite şi durate diferite, cazul a 4 maşini

Număr maşină	Structură timp		T^c
	operator	maşină	
	t_e	t_f	
1	1,5	4,0	5,5
2	1,0	4,3	5,3
3	0,8	4,4	5,2
4	1,2	4,8	6,0
	$t_e=4,5$	$t_f=17,5$	

Timpul de staţionare al maşinilor este identic cu timpul de aşteptare al operatorului. Ciclograma se prezintă în figura 4.4, *b*.

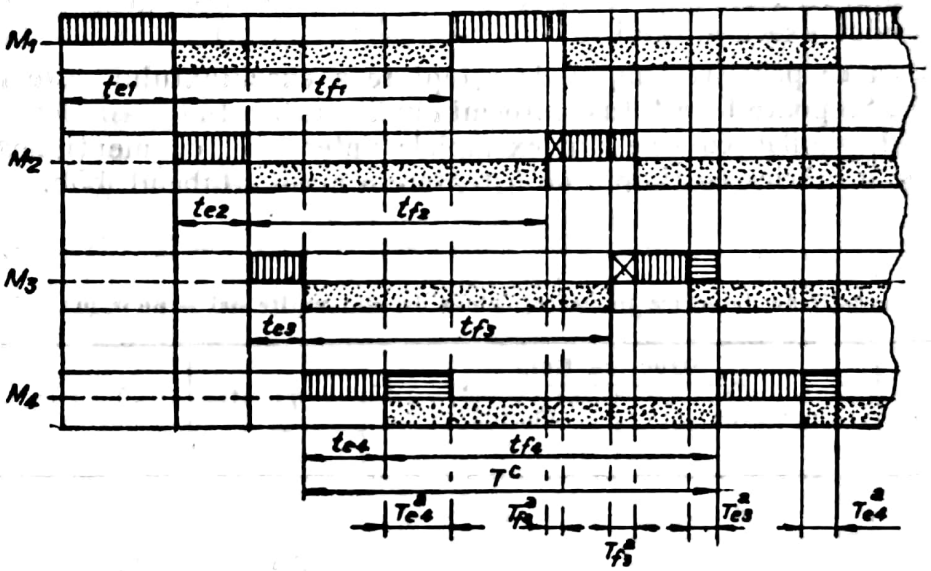


Fig. 4.4, b. Ciclograma pentru deservirea mai multor maşini-unelte care execută operaţii diferite, cazul a 4 maşini-unelte.

4.5. POLIDESERVIREA ÎN CONDIŢIILE CÎND SE IMPUNE DESERVIREA UNOR MAŞINI DIN GRUP DE MAI MULTE ORI ÎN ACELAŞI CICLU AL GRUPULUI

O astfel de situaţie apare în cazurile cînd sînt grupate maşini-unelte la care durata operaţiilor de prelucrare propriu-zisă prezintă diferenţe mari. Pentru analiza posibilităţilor de aplicare a polideservirii în aceste condiţii se consideră un exemplu avînd caracteristicile timpilor date în tabelul 4.5a.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.5a

Operații de deservire în același ciclu de mai multe ori a unor mașini

Număr mașină	Structura de timp	
	operator	mașină
	$t_e = t_a + t_s + t_{pt} + t_{dp}$	$t_f = t_{Mb} + t_{Ma} + t_{Ms}$
1	1,6	4,0
2	1,0	1,6
3	0,8	3,8
2	1,0	1,6

Din analiza structurală a ciclului de lucru și a timpilor se impune determinarea condițiilor în care timpii de interferență și de așteptare sînt minimi.

În ceea ce privește timpul de interferență, acesta se poate determina destul de simplu. În acest sens se va scădea din durata ciclului grupului de mașini suma timpilor executantului.

În ceea ce privește timpul de așteptare a executantului, este mai greu de stabilit. Se poate face totuși întocmindu-se un tabel al mașinilor care compun grupul, similar cu cele din exemplele anterioare, cu mențiunea că va cuprinde și o rubrică cu timpul de așteptare a mașinii-tabelul 4.5b.

Tabelul 4.5b

Operații de deservire în același ciclu de mai multe ori a unor mașini

Număr mașină	Structură timp		T^c	T_e^a	T_f^a
	operator t_e	mașină t_f			
1	1,6	4,0	5,6	—	—
2	1,0	1,6	2,6	0,8	0,4
3	0,8	3,8	4,6	0,4	1,0
2	1,0	1,6	2,6	—	—

Nu se vor lua în considerare ciclurile de lucru ale mașinilor la care deservirea se face o singură dată la fiecare ciclu și care cicluri sînt egale sau mai mici decît timpul total de deservire a operatorului pe ciclul grupului. Aceasta, deoarece aceste mașini nu pot provoca un timp de așteptare specific pentru operator. După cum se observă, la exemplul considerat, nu este cazul.

Dacă ciclul de lucru al unei mașini este mai mare decît timpul total de deservire, timpul de așteptare va reprezenta diferența dintre aceste două valori : $T^c - \sum_{i=1}^{n} t_{ei} = T_e^a$.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru celelalte mașini din grup la care deservirea se face mai mult decît o singură dată, la fiecare ciclu al grupului, timpul de așteptare se determină, pentru o anumită mașină, din diferența dintre durata ciclului de lucru al mașinii respective și timpul de deservire a aceleiași mașini, plus cel pentru mașina următoare, înainte ca mașina în cauză să fie deservită din nou : $T^a_{e_2} = T^c_2 - (t_{e2} + t_{e3})$.

Pentru determinarea timpului de așteptare se va urmări cum se prezintă eventualele suprapuneri, fiecare parte a timpului de așteptare fiind admis o singură dată.

— Calculul timpului de așteptare al muncitorului :

$$T^a_e = T^c - \sum_1^n t_{ei} = 5{,}6 - 4{,}4 = 1{,}2 \text{ [min.]}.$$

Pe ciclu de deservire este repartizat astfel :

$$t^a_{e1} = T^c_1 - 2\,(t_{e1} + t_{e2}) = 5{,}6 - 2\,(1{,}6 + 1{,}0) = 0{,}4 \text{ [min.]},$$

$$t^a_{e2} = T^c_2 - (t_{e1} + t_{e2}) = 2{,}6 - 2{,}6 = 0 \text{ [min.]},$$

$$t^a_{e3} = T^c_2 - (t_{e2} + t_{e3}) = 2{,}6 - 1{,}8 = 0{,}8 \text{ [min.]}.$$

— Timpii de oprire a mașinilor :

$$t^a_{f1} = T^c - (t_{e1} + t_{f1}) = 5{,}6 - 5{,}6 = 0 \text{ [min.]},$$

$$t^a_{f2} = T^c - 2\,(t_{e2} + t_{f2}) = 5{,}6 - 5{,}2 = 0{,}4 \text{ [min.]},$$

$$t^a_{f3} = T^c - (t_{e3} + t_{f3}) = 5{,}6 - 4{,}6 = 1{,}0 \text{ [min.]}.$$

Timpul total de așteptare (oprire) a mașinilor va fi deci de 1,4 min. Ciclograma se prezintă în figura 4.5.

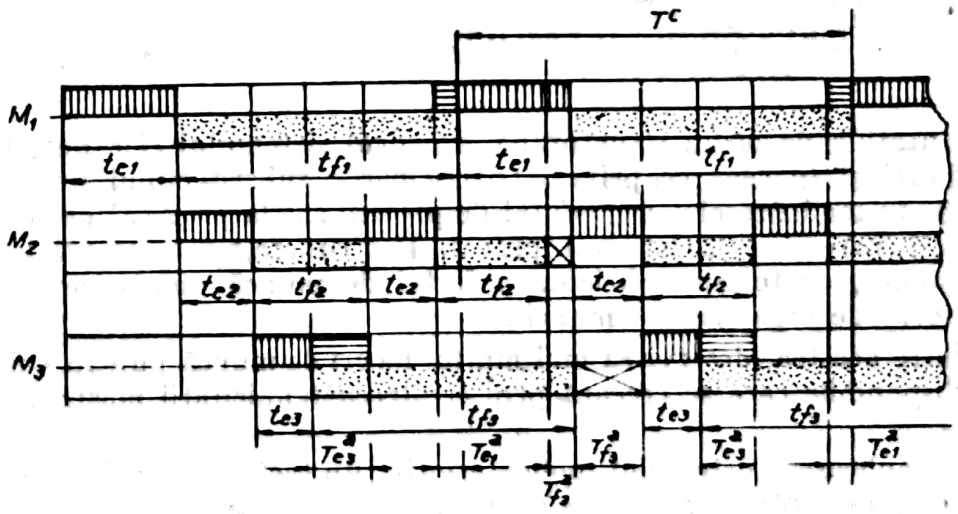


Fig. 4.5. Ciclograma pentru deservire de mai multe ori a unor mașini-unelte în același ciclu al grupului.

Scanned with OKEN Scanner

Organizarea corectă a deservirii mai multor mașini de către unul sau mai mulți operatori impune stabilirea unui asemenea itinerariu care să conducă la reducerea la maximum a timpilor de întrerupere, mai ales a celor accidentali, precum și la o bună observare a funcționalității mașinilor.

Stabilirea numărului de mașini ce pot fi deservite de un singur operator numai în funcție de structura și durata operațiilor ne conduce întotdeauna la soluțiile cele mai eficiente, motiv pentru care se impune o analiză a folosirii forței de muncă și a utilajului în funcție de coeficientul de utilizare a muncitorului și coeficientul de utilizare a mașinilor.

Este de reținut faptul că prin executarea ciclogramelor se poate efectua, pe lîngă posibilitățile și modul de deservire, și o analiză în ceea ce privește succesiunea unei deserviri mai corespunzătoare. Pe baza acestei analize se va putea proiecta și modul de așezare în spațiu a posturilor de lucrări în vederea asigurării unei bune supravegheri și pentru a reduce timpul necesar deplasării operatorului.

Din exemplele prezentate se pot reține concluzii atît asupra eficienței aplicării metodei, cît și a modului de organizare în vederea optimizării acesteia.

Tot din aceste exemple se poate reține că metoda de analiză prin ciclograme se poate aplica în cazuri mai simple, fie că este vorba de un număr mai mic de mașini, fie că parametrii de lucru nu prezintă diferențe sau diversități mai mari. Aceasta se poate observa mai ales din exemplul considerat pentru deservirea a cinci mașini, din variantele analizate reieșind că se obține o deservire optimă pentru patru mașini, într-o succesiune corespunzătoare cu ordinea numerotării admise inițial.

Întrucît practic sînt condiții și posibilități de deservire a unui număr mai mare de locuri de muncă, pentru analiza condițiilor și posibilităților de aplicare a metodei este necesar a se folosi metode cunoscute din cercetarea operațională, cum ar fi programarea liniară, teoria firelor de așteptare etc.

4.6. EXPRIMĂRI ALE GRADULUI DE ORGANIZARE A METODEI DESERVIRII MAI MULTOR LOCURI DE MUNCĂ

Mutațiile de ordin structural din cadrul sistemului loc de muncă atrag modificări și în ceea ce privește participarea subsistemului forță de muncă umană, în mod deosebit a modului de participare la procesul de transformare, de participare directă la acest proces. Pentru creșterea gradului de folosire a mașinilor, de folosire eficientă a forței de muncă umane se impun forme superioare de organizare a muncii.

Între acestea, deservirea mai multor locuri de muncă pun în valoare rezervele disponibile care se creează prin creșterea tehnicității mașiniilor și tehnologiilor.

În aplicarea sistemului polideservirii, un factor important este activitatea omului, motiv pentru care este necesar a se stabili în ce măsură va putea efectua polideservirea, la ce număr de locuri de muncă, luînd în considerare activitățile pe care trebuie să le desfășoare în procesul de prelucrare. Dacă

Scanned with OKEN Scanner

nu se face o astfel de analiză, se pot crea situații în care omul să fie suprasolicitat sau timpul său de lucru să nu fie eficient folosit. Luînd în considerare aceste posibilități, pentru evitarea lor și pentru asigurarea unei activități normale, se recomandă verificarea gradului de organizare cu ajutorul unui sistem de coeficienți. În cele ce urmează se prezintă posibilitățile și modul de determinare a cîtorva coeficienți.

4.6.1. COEFICIENTUL GRADULUI DE OCUPARE A LUCRĂTORULUI CARE DESERVEȘTE MAI MULTE MAȘINI

Coeficientul gradului de ocupare a lucrătorului care deservește mai multe mașini se poate determina din raportul timpului folosit la operațiile de pregătire a procesului de prelucrare și ciclul de lucru al mașinii T^c

$$k_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{ei}}{\sum_{i=1}^{n} t_{ei} + \sum_{i=1}^{n} T_{ei}^{a}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{ei}}{T^c}, \tag{4.8}$$

sau

$$k_m = \frac{\sum t_{ej}}{n\bar{T}^c}, \tag{4.9}$$

în care :

t_{ej} este timpul executantului j într-un ciclu al polideservirii ;
n — numărul de mașini deservite ;
$\bar{T}^c$ — durata medie a ciclurilor mașinilor deservite.

Pentru deservirea mai multor mașini, coeficientul $\sum k_{mi}$ se determină prin însumarea coeficienților determinați pentru fiecare mașină din grup.

Condiția care se pune este ca valoarea lui k_m să fie cel mult egală cu unu, adică $\sum k_{mi} \leqslant 1$.

4.6.2. COEFICIENTUL GRADULUI DE RAȚIONALIZARE A TRECERILOR LUCRĂTORILOR DE LA O MAȘINĂ LA ALTA

În cadrul deservirii mai multor mașini, mașinile-unelte urmează să fie grupate într-o formă optimă pentru a se putea efectua polideservirea. Pentru deservire se stabilește apriori un itinerariu pe baza programului de deservire. Pentru aprecierea gradului de raționalizare a trecerilor se folosește un coeficient, care se determină cu relația

$$K_{rt} = 1 - \frac{\sum_{i} t_{eij}}{\sum_{j} t_{tj}}, \tag{4.10}$$

în care : t_{eij} reprezintă timpii cursei de întoarcere pentru toți executanții ;
t_{tj} — timpii de trecere pentru toți executanții j $(j=\overline{1, p})$ care deservesc mașinile.

Scanned with OKEN Scanner

Se poate face observaţia că, în realitate, suma coeficienţilor de utilizare a timpului de deservire nu poate fi maximă, adică egală cu 1, deoarece în procesul de deservire nu se poate ca lucrătorul să acţioneze într-un timp atît de intens. Trebuie să se ţină seama că el are nevoie şi de un anumit timp de repaus fiziologic, repaus determinat de condiţiile în care îşi desfăşoară activitatea. Din aceste motive, coeficientul de încărcare al lucrătorului se va stabili în funcţie de solicitările la care trebuie să facă faţă, ţinînd seama şi de condiţiile de mediu în care îşi desfăşoară activitatea.

4.6.3. STABILIREA COEFICIENTULUI DE UTILIZARE A CAPACITĂŢII DE PRODUCŢIE A MAŞINILOR POLIDESERVITE

În ceea ce priveşte coeficientul de utilizare al maşinilor, problema care se pune este de a avea un coeficient maxim sau poate mai corect optim, ceea ce înseamnă folosirea eficientă a capacităţii de producţie a maşinilor. Dacă coeficientul de utilizare al maşinilor ce se obţine este mic, printr-o analiză atentă se va ajunge la concluzia că în acele condiţii nu este eficientă aplicarea sistemului polideservirii.

Pentru determinarea eficienţei aplicării sistemului polideservirii, va trebui să se facă o analiză şi a aspectului economic.

Determinarea coeficientului de utilizare al maşinilor K_m se poate face prin exprimarea raportului între suma timpilor necesari efectuării operaţiilor de maşină şi cele manuale $\sum(t_f+t_c)$ şi totalul timpului maşinilor, respectiv ciclul de îmbinare al maşinilor, nT^c

$$K_{mi}=\frac{\sum\limits_{i}(t_f+t_c)_i}{nT_i^c}. \tag{4.11}$$

4.6.4. COEFICIENTUL GRADULUI DE UTILIZARE A CAPACITĂŢII DE PRODUCŢIE A MAŞINILOR POLIDESERVITE, ÎN EXPRESIE VALORICĂ

Pentru asigurarea unei eficienţe ridicate a capacităţii de producţie a maşinilor polideservite se calculează coeficientul valoric prin raportul dintre producţia fizică realizată în condiţiile deservirii mai multor maşini şi producţia fizică realizată pe aceleaşi maşini, înainte de a fi grupate pentru polideservire în condiţiile de utilizare a capacităţii de producţie de 100%. Expresia are forma

$$K_{ep}=\frac{\sum\limits_{i}\sum\limits_{j}q_{ij\,(p)}\cdot p_j}{\sum\limits_{i}\sum\limits_{j}q_{ij\,\cdots}\,p_j}, \tag{4.12}$$

în care :

$q_{ij\,(p)}$ este producţia fizică de tipul j realizată în condiţiile polideservirii la maşina i ;

Scanned with OKEN Scanner

q_{ij} — producția fizică de tipul j ce se obține pe mașina i înainte de a fi încadrată în sistemul polideservirii, avînd capacitatea 100% ;

p_j — costul prelucrării produsului j.

4.6.5. COEFICIENTUL GRADULUI DE DOTARE CU ECHIPAMENTE DE SEMNALIZARE (AVERTIZARE) ȘI OPRIRE AUTOMATĂ

Facilitatea urmăririi de către executanți a procesului de prelucrare, de reducere a timpului de mers în gol a mașinii și de reducere la minimum a consumului de energie și a rebuturilor impune dotarea mașinilor-unelte polideservite cu echipamente de semnalizare și oprire automată. Pentru a cunoaște în ce măsură este satisfăcută această cerință se poate determina gradul de dotare cu astfel de echipamente, folosind relația :

$$K_{de} = \frac{mp\,(e)}{mp\,(t)}, \tag{4.13}$$

în care :

— $mp\,(e)$ reprezintă numărul de mașini din sistemul polideservirii cu echipamente de semnalizare și oprire automată ;

— $mp\,(t)$ — numărul total de mașini polideservite.

4.6.6. COEFICIENTUL DE EXTINDERE A DESERVIRII MAI MULTOR MAȘINI

Pentru aprecierea acțiunilor de extindere a sistemelor polideservirii în cadrul unei întreprinderi productive se pot determina și alți coeficienți de utilizare a capacităților de producție, în condițiile aplicării polideservirii.

Un astfel de coeficient ar fi acela de exprimare a gradului de extindere a sistemului. Acest coeficient se determină raportînd numărul de mașini cuprinse în sistemul polideservirii *Mpd* la numărul total de mașini în funcțiune în întreprindere *Mt*, care ar putea fi cuprinse în sistemul polideservirii

$$Kex = \frac{Mpd}{Mt}. \tag{4.14}$$

Coeficientul prin care se exprimă proporția de lucrători folosiți la polideservire față de totalul lucrătorilor de la mașini se poate stabili prin raportul dintre numărul total de lucrători care deservesc mai multe mașini, N_{tmm}, numărul total de lucrători care deservesc cîte o mașină, N_{tm}

$$k_{mm} = \frac{N_{tmm}}{N_{tm}}. \tag{4.15}$$

Aplicarea sistemului polideservirii se face de cele mai multe ori pe grupa de mașini de același tip. Este interesant de cunoscut, în cadrul unei întreprinderi, cum se prezintă situația considerînd unele tipuri de mașini care se pretează a fi polideservite.

Scanned with OKEN Scanner

Un astfel de coeficient se poate calcula raportînd numărul de lucrători care deservesc mai multe mașini de același tip, N_{pt}, și totalul mașinilor cuprinse în sistem, M_{ts}

$$k_{dmm} = \frac{N_{pt}}{M_{ts}}. \tag{4.16}$$

4.6.7. COEFICIENTUL GRADULUI DE AȘTEPTARE (STAGNARE) AL MAȘINILOR CUPRINSE ÎN SISTEMUL POLIDESERVIRII

În sistemul polideservirii din complexitatea procesului de prelucrare, frecvent apar interferențe, mai ales în cazurile cînd timpul de funcționare, fără intervenția operatorului, este diferit de timpul necesar pentru deservirea celorlalte mașini. Acest timp de așteptare (staționare) (T_f^a) face ca timpul de lucru al mașinii să fie incomplet. Pentru a cunoaște în ce măsură se utilizează acest timp se poate calcula coeficientul gradului de așteptare cu relația

$$k_{tf} = 1 - \frac{\sum_i^n T_{fi}^a}{\sum_i^n T_{dmi}}, \tag{4.17}$$

în care T_{dmi} reprezintă fondul total de timp disponibil al mașinilor din sistemul polideservirii ($i = \overline{1, n}$).

4.6.8. COEFICIENTUL GRADULUI DE FLEXIBILITATE AL ORGANIZĂRII POLIDESERVIRII

Introducerea în industrie a progresului tehnic, odată cu creșterea nivelului de pregătire a operatorilor creează condiții de trecere la tipuri mai complexe de organizare a lucrului la mai multe mașini. Trecerea are loc într-un timp mai lung sau mai scurt, avînd ca efect o pierdere de producție mai mare sau mai mică în funcție de flexibilitatea organizării lucrului la mai multe mașini. Cuantificarea flexibilității organizării polideservirii se poate face cu coeficientul determinat cu relația

$$K_{fp} = \frac{t_{p1} \cdot C_{adm}}{t_{ef} \cdot C_{ef}}, \tag{4.18}$$

în care :

t_{p1} este timpul planificat aferent organizării polideservirii ;
t_{ef} — timpul efectiv necesar reorganizării polideservirii ;
C_{adm} — costul admis al pierderilor de producție pe unitatea de timp, cauzate de aceste reorganizări ;
C_{ef} — costul efectiv al pierderilor de producție pe unitatea de timp, cauzate de aceste reorganizări.

Scanned with OKEN Scanner

În final se poate arăta că prin agregarea coeficienților sau a unei părți dintre aceștia, într-un singur coeficient sintetic, acesta permite formarea unei imagini de ansamblu asupra modului de organizare a polideservirii într-o întreprindere industrială, precum și identificarea rezervelor care mai există în această privință, a măsurilor ce trebuie luate pentru îmbunătățirea activității în cadrul proceselor de producție.

Printr-o ierarhie a coeficienților considerați (care nu sînt limitativi), în funcție de gradul de importanță și de aportul lor la creșterea gradului de organizare al polideservirii, respectiv al eficienței acesteia, se poate calcula coeficientul sintetic cu relația

$$K_{GOP}=\frac{\sum_p k_p q_p}{\sum_p q_p}, \tag{4.19}$$

în care : q_p este gradul de importanță acordat fiecărui coeficient k_p.

4.7. ECONOMICITATEA POLIDESERVIRII ÎN FUNCȚIE DE NUMĂRUL DE MAȘINI DESERVITE, LUÎND ÎN CONSIDERARE STRUCTURA TIMPILOR

Stabilirea numărului optim de mașini ce pot fi deservite depinde, așa cum s-a văzut, de timpul de mașină și de timpul de deservire. La mașinile automate, timpul de mașină pentru unitatea de produs sau pentru executarea unei operații se compune din timpul de bază t_{Mb} și timpul de mers în gol t_{Mg}, iar timpul de deservire (timpul operatorului) este compus din timpul de deservire t_d, timpul de supraveghere t_s, timpul de pregătire și încheiere t_{pi} și timpul de acoperire sau așteptare T_e^a, adică

$$t_f=t_{Mb}+t_{Mg}, \tag{4.20}$$

$$t_e=t_d+t_s+t_{pi}+T_e^a. \tag{4.21}$$

Dacă numărul de mașini deservite este mare, pot apărea timpi de interferență (suprapunere) și deci una sau mai multe mașini stau. Dacă numărul de mașini este mic, apare un timp disponibil sau de așteptare al operatorului.

Ținînd seama de aceste cazuri, timpul mediu de deservire care revine unei singure mașini se poate scrie sub forma

$$\bar{t}_{em}=\frac{nt_{e1}+T_e^a}{n} \quad \text{sau} \quad \bar{t}_{em_i}=\frac{\sum_i (t_e+T_e^a)\,i}{n}, \quad i=(\overline{1,\ n}) \tag{4.22}$$

în care ;

$\bar{t}_{em}$ este timpul mediu de deservire pentru o mașină ;

t_{e1} — timpul de deservire în cazul lucrului la o singură mașină.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se analizează variaţia relaţiei de mai sus în funcţie de numărul de maşini deservite (n), se observă că odată cu creşterea acestuia, valoarea timpului pe bucată va descreşte pînă la o anumită limită şi apoi începe să crească.

În funcţie de această variaţie, relaţia se mai poate scrie :

$$\bar{t}_{em} = \frac{nt_{e1} + T_e^a}{n} \leqslant t_{e1}. \qquad (4.23)$$

Reprezentarea grafică a acestei relaţii indică o curbă asimetrică, întrucît scăderea valorii timpului de deservire a mai multor maşini are loc mai lent decît creşterea lui prin necesarul de majorare a timpului de acoperire.

În figura 4.6 este reprezentată variaţia timpului de deservire a mai multor maşini, în funcţie de numărul de maşini deservite.

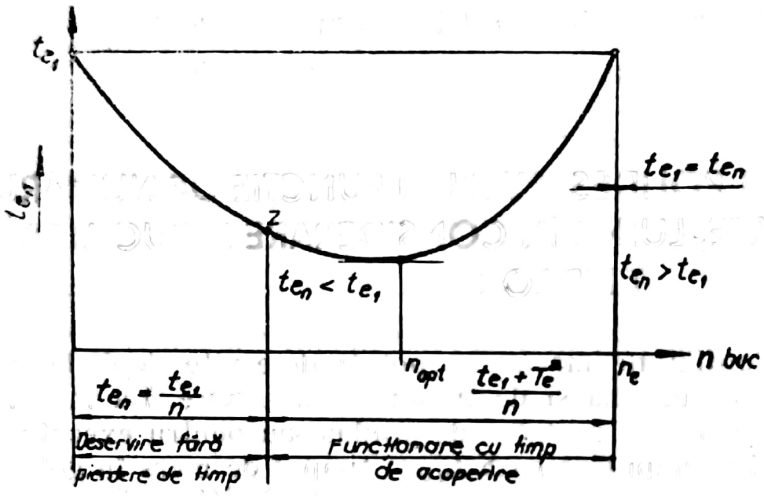


Fig. 4.6. Variaţia timpului de deservire în raport cu numărul de maşini deservite.

Pe lîngă faptul că atît relaţiile analitice, cît şi graficele stabilite ne indică numărul optim de maşini ce pot fi deservite în condiţiile unei staţionări minime, ele servesc şi la stabilirea eficienţei economice a deservirii.

Eficienţa economică a deservirii mai multor maşini rezultă din comparaţia costului de deservire cu cel al folosirii unei singure maşini. Pentru simplificarea calculelor, cheltuielile constatate pentru ambele cazuri se elimină.

Costul pentru deservirea unei singure maşini se poate exprima cu ajutorul unei relaţii de forma

$$C_{d1} = t_{e1} C_e + t_{e1} R, \qquad (4.24)$$

în care :

t_{e1} este timpul de deservire în cazul lucrului la o singură maşină (minute) ;
C_e — retribuţia operatorului ce deserveşte maşina (lei/min),
R — costurile de regie (lei/min.).

Costurile pentru deserrvirea mai multor maşini

$$C_{dn} = \frac{nt_{e1} + T_e^a}{n} \cdot C_e + (t_{e1} + T_e^a) R, \qquad (4.25)$$

Scanned with OKEN Scanner

sau punînd condiția variației timpului de deservire în funcție de numărul de mașini deservite

$$t_{el} \cdot C_e + t_{el} \cdot R \geqq \frac{nt_{el} + T_e^n}{n} \cdot C_e + (t_{el} + T_e^n)\, R.$$

Reprezentînd grafic această relație (fig. 4.7) obținem curba de variație a costurilor de deservire în funcție de numărul de mașini. Curba obținută va avea o formă asemănătoare cu cea a variației timpului de deservire.

Considerînd punctul n_t de pe curbă, acesta ne arată că deservirea mai multor mașini se face economic.

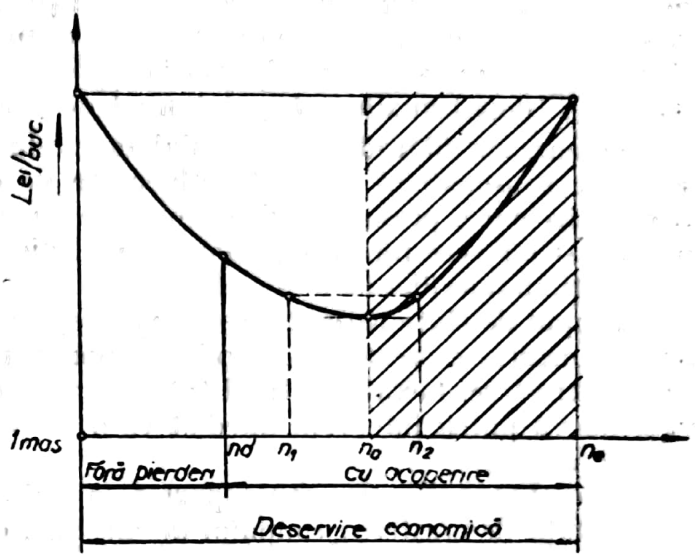


Fig. 4.7. Variația costurilor în funcție de numărul de mașini deservite.

Pentru punctul n_0 corespunde numărul cel mai mare de mașini care pot fi deservite, avînd o cheltuială minimă. Punctul n_e reprezintă numărul limită de mașini care se pot deservi economic, peste această limită cheltuielile fiind mai mari decît la deservirea individuală a fiecărei mașini.

Este de observat că se obțin două puncte echipotențiale, (exemplu, punctele 1—2), pentru care polideservirea reprezintă aceleași cheltuieli. Această situație ne oferă posibilitatea alegerii variantei favorabile, ținînd seama îndeosebi de numărul de lucrători disponibili.

4.8. CONSIDERAȚII ASUPRA INTERDEPENDENȚEI FACTORILOR CARE INTERVIN LA DESERVIREA MAI MULTOR LOCURI DE MUNCĂ

Aplicarea sistemului polideservirii impune studiul și asupra modului de organizare a locului de muncă.

În acest studiu se vor cuprinde toate aspectele de la modul de organizare spațială a mașinilor, dotare tehnică și tehnologică, sistemul de aprovizionare cu materiale și scule etc. în vederea creerii celor mai bune condiții pentru desfășurarea procesului de producție. În același timp însă, se va lua în considerare factorii de ambinată tehnici, fiziologici, psihologici și sociali. De asemenea, se ține seama de necesitatea pregătirii forței de muncă, lucrători-operatori, în vederea asigurării cunoștințelor tehnice, tehnologice și de intervenție în procesul de prelucrare.

În acest studiu se va considera, sub aspectul organizării — omul, utilajul de producție și obiectul muncii — ca o unitate.

Scanned with OKEN Scanner

În condițiile asigurării acestor cerințe se pot studia interdependențele dintre principalii factori care sînt prezenți în sistem. Pentru determinarea interdependenței se vor analiza în primul rînd timpii de deservire și timpii de mașină, care se vor raporta la unitatea de produs, se va lua în considerare raportul de variație a timpului prin mărirea numărului de posturi (n) pornind de la situația deservirii unui singur post și pînă la un număr de posturi astfel ca să se realizeze o încărcare temporară corespunzătoare a lucrătorului. Pentru timpul de mașină se vor lua în considerare componentele principale, timpul de bază t_{Mb}, timpul auxiliar, t_{Ma} și timpul de staționare T_f^a. Timpul de bază și timpul auxiliar în cadrul procesului de prelucrare în construcția de mașini se poate considera că nu sînt influențate de creșterea numărului de mașini unelte, deoarece, presupunînd o producție omogenă, fiecare unitate de produs de același fel necesită același timp tehnologic de lucru al mașinilor-unelte și același timp auxiliar.

Timpul de staționare al mașinii va crește odată cu creșterea numărului de posturi deservite, deoarece timpii de suprapunere ai lucrătorului cresc. Prin această creștere, lucrătorul fiind tot mai mult ocupat cu activitatea de deservire, nu va putea interveni imediat ce o mașină se oprește, ci cu o oarecare întîrziere.

Timpul de deservire (t_e) raportat la unitatea de produs are o creștere inversă față de creșterea timpului de mașină ; crește odată cu scăderea numărului de mașini deservite întrucît indicele de încărcare scade, adică apare o încărcare incompletă a lucrătorului.

Interdependența între timpii de deservire t_e și timpii de mașină t_f se prezintă în figura 4.8. În diagramă s-a trasat cu linie întreruptă curba de producție de volum constant ca fiind o isoquantă q. În cazul cel mai general $n=\frac{t_f}{t_e}$, cînd se obține un număr întreg, isoquanta va fi o curbă continuă.

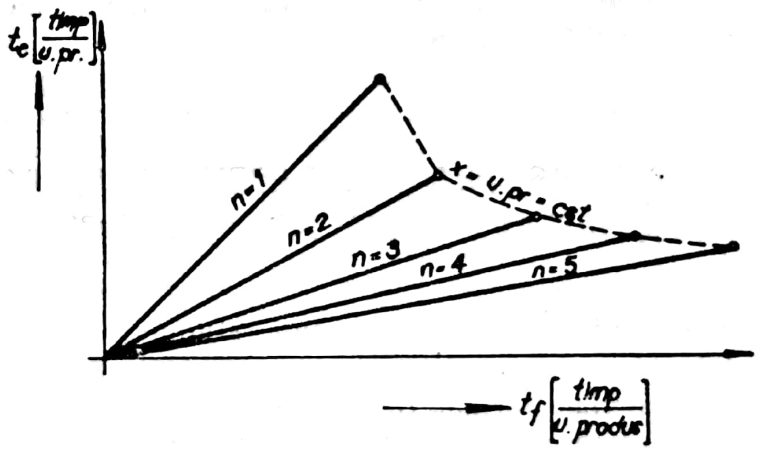


Fig. 4.8. Interdependența dintre timpul de deservire (t_e) și timpul de mașină (t_f).

Isoquanta are o formă descrescătoare convexă, pornind de la punctul corespunzător unei singure mașini la care $t_f=t_e$, pînă la punctul corespunzător încărcării maxime a operatorului, adică atunci cînd $T_e^u=0$.

Curba isoquantă ne indică și faptul că timpul total de fabricație scade odată cu scăderea timpului operatorului t_e.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se menţine constant timpul de fabricaţie pe unitatea de produs şi se introduce ca variabilă numărul de maşini deservite se obţine o curbă care ne indică interdependenţa între această variabilă şi volumul de producţie pe unitatea de timp (fig. 4.9).

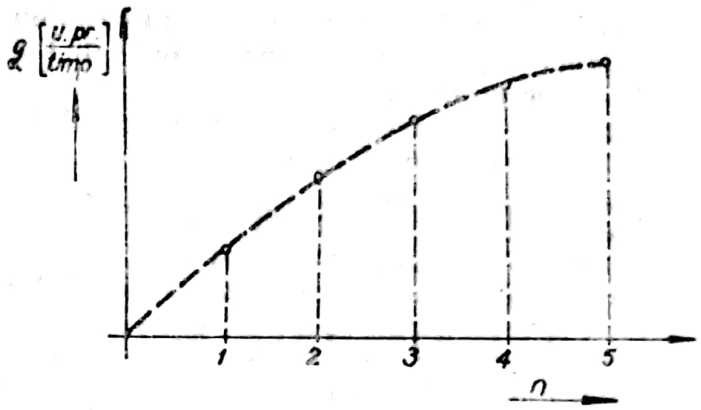


Fig. 4.9. Interdependenţa volumului de producţie pe unitate de timp în funcţie de numărul de posturi deservite în sistemul polideservirii.

Pentru stabilirea condiţiilor optime de polideservire, timpii de prelucrare (t_e şi t_f) se vor considera aşa după cum sînt în realitate, condiţii de participare ai principalilor factori de producţie „om" şi „maşină".

Participarea factorială calitativă a lucrătorului şi a maşinii este exprimată în „timp".

Exprimarea legăturii dintre participarea cantitativă a factorilor de producţie ce intră în procesul de fabricaţie (imput) şi rezultatele procesului de fabricaţie (out-put) se face cu ajutorul aşa-zisei funcţii de producţie. Prin funcţia de producţie se arată ce cantitate a factorilor de producţie de o anumită calitate se foloseşte pentru obţinerea unor anumite cantităţi de bunuri materiale.

Dacă se notează cantităţile de intrare ale factorilor cu $r_1, r_2, \ldots r_j$, iar rezultatele procesului de prelucrare cu $q_1, q_2, \ldots, q_k$, atunci funcţia de producţie se poate scrie sub forma

$$(q_1, q_2, \ldots, q_k) = f(r_1, r_2, \ldots, r_j). \tag{4.26}$$

Pentru deservirea mai multor maşini funcţia de producţie se poate scrie sub forma

$$(q_1, q_2, \ldots, q_k) = f(t_{en}, t_{fn}, t_{ou}, \ldots), \tag{4.27}$$

în care :

t_{en} reprezintă timpul operatorului raportat la unitatea de produs

$$t_{en} = \frac{t_{et}}{q_t};$$

t_{fn} — timpul maşină raportat la unitatea de produs

$$t_{fn} = \frac{t_{ft}}{q_t};$$

t_{ou} — timpul obiectului de producţie raportat la unitatea de produs ; t_{ou} se comportă identic cu t_{fn}.

Dacă se fabrică un singur produs (fabricaţie omogenă), atunci funcţia de producţie devine

$$q = q_1 = f(r_j, r_2, \ldots, r_j). \tag{4.28}$$

Scanned with OKEN Scanner

Din studiul interdependenței factorilor de producție și al dependenței lor de volumul producției rezultă două categorii de factori și, în consecință, două categorii de funcții de producție:

1. factori de producție substituibili;
2. factori de producție limitaționali.

1) Factorii de producție sînt substituibili cînd cantitățile de participare a factorilor se pot înlocui reciproc, conducînd la același rezultat, adică la aceeași cantitate de producție.

În cazul dat, dacă r_1 este un factor substituibil, atunci funcția de producție se poate scrie sub forma

$$r_i = f(q, r_{i-1}, r_{i-2}, \ldots, r_{i+1}, r_{i+2}, \ldots). \tag{4.29}$$

2) Factorii de producție sînt limitaționali cînd participarea cantitativă a unui factor depinde numai de cantitatea fabricată, adică

$$r_i = f(q). \tag{4.30}$$

Din studiul diagramei interdependenței dintre timpul operatorului t_e și timpul de mașină t_f, în funcție de variația numărului de mașini deservite se constată că timpii de așteptare ai operatorului se substituie cu timpii de staționare ai mașinii la o mărire sau micșorare a numărului de mașini deservite. Această substituire nu se face la un timp de fabricație constant. Așa cum s-a văzut însă, timpul de fabricație scade de-a lungul isoquantei concomitent cu timpul operator, în consecință factorii de producție (operator și mașină) nu pot fi factori substituționali.

În schimb, curba din figura 4.9 pune în evidență dependența volumului de producție față de numărul de mașini deservite, atunci cînd timpul de fabricație este constant. Funcția de producție poate fi exprimată cu relația

$$q = f(n) = f\left(\frac{t_{fn}}{t_{en}}\right). \tag{4.31}$$

Funcția de producție astfel definită arată că pentru un timp de fabricație dat, egal cu timpul operatorului, se poate stabili timpul de mașină în funcție de volumul producției, adică factorii de producție sînt limitaționali.

Se impune așadar stabilirea pe cale analitică a unei relații pentru funcția de producție, care să permită stabilirea condițiilor de optim pentru deservirea mai multor mașini, în același scop, va trebui să fie determinată și eficiența economică a deservirii, ținîndu-se seama de costurile de fabricație.

În ceea ce privește costurile care depind de cantitățile de produse, acestea sînt constante în raport cu unitatea de produs, astfel că ele nu au influențe asupra combinației optime a factorilor de producție.

Costurile care depind de timp, din ambele categorii, se calculează pe bază de norme sub forma unei cote orare pentru lucrător, C_m, și a unei cote stabilite pentru mașini, C_M.

Pentru stabilirea unei repartizări optime de posturi polideservite, luînd în considerare costurile la locul de muncă se va exprima sub forma

$$C = C_M t_f + C_M t_e. \tag{4.32}$$

Din cauza creșterii inverse a timpilor t_f și t_e în raport cu numărul de mașini n, în intervalul de la o mașină deservită pînă la numărul stabilit în concordanță cu solicitările lucrătorului, curba costurilor prezintă un minim care marchează repartiția cea mai favorabilă din punct de vedere al costurilor.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL V

ANALIZA UNOR PRINCIPII TEORETICE FOLOSITE LA IMPLEMENTAREA METODEI DESERVIRII MAI MULTOR LOCURI DE MUNCĂ

Analiza sistemelor „loc de muncă multipoziţional" şi îndeosebi a timpilor de funcţionare a maşinilor, precum şi a timpilor normalizaţi ai operatorilor (executanţilor) conduce la concluzia că acestea sînt de natură deterministă sau aleatoare.

Pentru un număr mic de maşini deservite, trasarea ciclogramelor de lucru oferă, de regulă, soluţii de verificare a utilizării optime a maşinilor şi a operatorilor.

În condiţiile deservirii unui număr mai mare de maşini, folosind mai mulţi executanţi, procesul de prelucrare prezentînd o variabilitate şi complexitate mai mare, folosirea ciclogramelor nu mai poate oferi posibilitatea obţinerii unor soluţii optime, fiind necesare a se folosi metode de analiză cu ajutorul unei modelări matematice.

În vederea stabilirii unei metode eficiente, considerăm necesară o analiză a cîtorva metode prezentate în literatura de specialitate, precum şi unele principii teoretice din cercetarea operaţională. Este de reţinut faptul că la folosirea acestor metode, pentru rezolvarea unor cazuri concrete, complexitatea proceselor de producţie impune admiterea unor ipoteze simplificatoare, ceea ce conduce de fapt la situaţia ca modelul matematic să nu reprezinte fenomenul real.

Problema modelării matematice, pentru optimizarea deservirii mai multor maşini a preocupat mai mulţi cercetători, literatura de specialitate prezentînd îndeosebi tratarea problemei ca fiind un fenomen stochastic. În aproape toate cazurile s-a pornit de la teoria firelor de aşteptare şi nu de la considerarea fenomenului stochastic ca un proces Markov.

Scanned with OKEN Scanner

5.1. STABILIREA CONDIȚIILOR OPTIME DE PRODUCȚIE PENTRU DESERVIREA MAI MULTOR MAȘINI FOLOSIND TEORIA ȘIRURILOR DE AȘTEPTARE

O problemă de șir de așteptare și dezvoltarea unor modele matematice legate de aceasta s-au pus pentru prima oară la începutul secolului nostru de inginerul danez Erlang, în cadrul rețelei telefonice. Dacă la un cablu telefonic solicită legătură într-o ordine oarecare un număr de persoane și cablul datorită posibilităților sale limitate este ocupat, ia naștere un fenomen de aglomerare a cărui proporții depinde de trei mărimi:

1. de ordinea statistică în care persoanele solicită legătura,
2. de durata convorbirilor și capacitatea cablului,
3. de ordinea în care se rezolvă convorbirile.

Ideile de bază ale modelelor lui Erlang nu fost adaptate ulterior la rezolvarea și altor fenomene de aglomerare. Iată cîteva dintre ele:

— operațiile de garare a avioanelor aterizate;
— operațiile de depozitare a mărfurilor;
— alimentarea cu apă a consumatorilor;
— stabilirea influenței locurilor înguste în fabricație;
— reglementarea circulației vehiculelor etc.

În literatura de specialitate s-a studiat posibilitatea aplicării teoriei șirurilor de așteptare la deservirea mai multor mașini de către o serie de autori, dintre care amintim: Fry, Feller, Wrighlit, Kornig, Morse, Palm, Takacs, Runnenberg.

Problema modelării matematice pentru optimizarea deservirii mai multor mașini a preocupat mai mulți cercetători, literatura de specialitate prezentînd îndeosebi tratarea problemei ca fiind un fenomen stochastic. În aproape toate cazurile s-a pornit de la teoria firelor de așteptare și nu de la considerarea fenomenului ca un proces Markov.

Trebuie precizat că prin definiție teoria șirurilor de așteptare, în cazul în care sosirile sînt considerate poissoniene, și timpul de servire exponențial, presupune evenimente omogene. Apare deci evident că și în cazul studierii deservirii mai multor mașini cu ajutorul acestei teorii, acestea trebuie să fie încărcate cu același material, iar opririle mașinilor să fie statistic independente.

Cele trei elemente de bază ce caracterizează un șir de așteptare-sosirile, serviciul și modul de deservire — pot fi definite astfel:

1. **Proces imput** — „Legea statistică a existenței unor evenimente ce-și așteaptă rezolvarea". În cazul polideservirii, oprirea întîmplătoare a mașinilor formînd un șir de așteptare, așteaptă deservirea de către lucrător.

2. **Mecanismul de deservire** — „Legea căreia i se impun pentru rezolvarea lor evenimente procesului imput". Mecanismul de deservire se referă la numărul stațiilor, în cazul de față al muncitorilor, care deservesc mașinile, precum și la durata deservirii. Este foarte important să se cunoască timpul de deservire și mai ales structura sa. În timpul de deservire se includ toți timpii de activitate ai lucrătorului. Dar de natură stochastică, dintre acești timpi, sînt numai cei ai activității pentru deservirea posturilor oprite și cei

Scanned with OKEN Scanner

pentru deplasarea lor, timpi care se vor lua în considerare într-o proporție relativă față de cei de deservire. Ceilalți timpi se vor calcula procentual.

3. **Felul și modalitatea deservirii** — „Ordinea în care sînt rezolvate problemele procesului imput". În cazul de față ordinea deservirii mașinilor oprite. Sînt cunoscute două modalități : prim venit, prim deservit și deservirea în ture.

În cazul polideservirii, se consideră prin această metodă că mașinile vor fi deservite în ordinea în care se produc opririle, neluîndu-se în considerare alte criterii. Se poate menționa însă că în practică se întîlnesc cazuri cînd, pentru ordinea deservirii, trebuie să fie luate în considerare alte criterii. În aceste cazuri metoda șirului de așteptare nu va mai da rezultatele scontate, și va trebui să se folosească alte metode pentru optimizare.

5.2. APLICAREA TEORIEI „LANȚURILOR MARKOV" ÎN CAZUL DESERVIRII MAI MULTOR MAȘINI

Privită din punct de vedere statistic, se poate constata cu ușurință că deservirea mai multor mașini este un proces stochastic în care schimbările de stări legate prin legi de probabilitate se succed la intervale aleatorii sau deterministe.

După cum se cunoaște, în teoria „lanțurilor Markov" se consideră că rezultatul oricărei încercări depinde „direct" și numai de rezultatul încercării precedente.

Se impune întrebarea, dacă se poate aplica această teorie și în cazul deservirii mai multor mașini sau a locurilor de muncă multipoziționale (denumire foarte des întîlnită în literatura de specialitate).

Dacă un sistem poate lua n stări, se va nota cu π_i ($i=1, 2, \ldots, m$) probabilitatea ca acest sistem să se afle în starea „i". Această probabilitate poartă denumirea de *probabilitate de stare.*

Ținînd seama de concluziile desprinse din teoria lanțurilor Markov, probabilitatea ca sistemul să treacă din starea i în starea j va fi P_{ij}, numită probabilitate de trecere.

În cazul deservirii mai multor mașini, starea sistemului „muncitor-mașini" este determinată de numărul mașinilor care lucrează, respectiv stau. Dacă în sistem avem „n" mașini, sistemul poate parcurge $n+1$ stări, de la *toate mașinile lucrează* la *toate mașinile stau*, probabilitatea ca sistemul să se afle în starea x va fi „probabilitatea de stare" π_x ($x=0, 1, 2, \ldots, n$). Probabilitățile de trecere ale sistemului se pot defini astfel :

$P_{x, x}$ — probabilitatea ca într-un interval de timp dat starea x (x mașini merg) să se mențină ;

$P_{x, x+1}$ — probabilitatea ca în același interval o mașină să fie pusă în funcțiune ;

$P_{x, x-1}$ — probabilitatea ca în același interval o mașină să se oprească.

Pentru a se putea analiza sistemul trebuie îndeplinite în plus următoarele condiții :

1. intervalul de timp trebuie astfel ales încît să nu poată apărea decît o singură pornire sau oprire ;

Scanned with OKEN Scanner

2. legea de probabilitate a procesului impun să fie de natură poissoniană ;
3. mecanismul de deservire să se supună unei legi de distribuție exponențială.

Dacă toate aceste cerințe sînt satisfăcute, procesul deservirii mai multor mașini este un proces Markov.

5.2.1. ANALIZA PROCESULUI „IMPUT" (OPRIRILE MAȘINILOR)

Măsurătorile efectuate la locurile de muncă multipoziționale, în special de Palm, au dovedit că fenomenul de oprire a mașinilor se poate reda cu o bună exactitate printr-o distribuție exponențială.

Se ia una din cele n mașini și i se studiază comportarea în intervalul de timp $(0, t)$

$$\frac{P_0(t)}{t}, \quad \frac{dT}{dt}.$$

Notăm cu $P_0(t)$ probabilitatea ca în intervalul $(0, t)$ mașina să nu se oprească.

Dacă λ este frecvența opririlor (numărul de opriri într-o unitate de timp dată), atunci probabilitatea ca în intervalul de timp dt adăugat să apară o oprire va fi : λdt.

Probabilitatea ca în intervalul dt să nu apară nici o oprire va fi : $1-\lambda dt$.

Intervalul de timp dt este ales în așa fel să nu poată apare mai mult de o oprire sau pornire a mașinii.

Presupunem de asemenea că evenimentele sînt independente în tot intervalul $(0, t)$ și, deci, probabilitatea opririi mașinii în intervalul dt nu este influențată de lungimea intervalului $(0, t)$.

Cu acestea, posibilitatea ca în intervalul $(0, t+dt)$ să nu apară nici o oprire a mașinii va fi

$$P_0(t+dt)=P_0(t)(1-\lambda dt). \tag{5.1}$$

Prin integrare, soluția ecuației diferențiale va fi

$$P_0(t)=e^{-\lambda t}. \tag{5.2}$$

Probabilitatea opusă, adică în intervalul $(0, t)$ să apară una sau mai multe opriri va fi

$$P_0(t)=1-e^{-\lambda t}. \tag{5.3}$$

Extinzînd raționamentul pentru x mașini, probabilitatea ca în intervalul $(0, t)$ x mașini să nu se oprească va fi

$$P_0(t)=e^{-\lambda x t}. \tag{5.4}$$

Frecvența opririlor λ poate fi interpretată ca fiind valoarea inversă a timpului mediu de mers a unei mașini de la o oprire la alta. Aceasta rezultă din integrarea în funcție de timp a relației (5.2)

$$T_{fx}=\int_0^\infty t\frac{dP_0}{dt}\,dt=\frac{1}{\lambda}. \tag{5.5}$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru timpul mediu a x mașini se poate scrie

$$T_{fx}=\frac{1}{\lambda x}\ . \tag{5.6}$$

5.2.2. ANALIZA MECANISMULUI DE DESERVIRE

Datorită structurii complicate a timpului muncitor (t_e), distribuția exponențială a timpilor de deservire este mai greu de dedus.

Pentru a simplifica calculele și mai ales pentru a reduce volumul de muncă necesar calculării distribuțiilor care guvernează acest timp, majoritatea cercetărilor admit și pentru timpul de deservire o distribuție exponențială.

Notînd cu μ frecvența deservirilor într-o unitate de timp dată pentru postul care staționează, posibilitatea ca acest post să fie pus în funcțiune în intervalul dt va fi μdt. Probabilitatea ca operațiile de deservire să nu se termine în intervalul 0, $t+dt$ va fi

$$P_0\,(t+dt)=P_0\,(t)\,(1-\mu dt). \tag{5.7}$$

Rezolvînd această ecuație diferențială se obține distribuția exponențială a timpilor de deservire

$$P_0\,(t)=e^{-\mu t}. \tag{5.8}$$

Se menționează că parametrul μ, ca de altfel și λ nu depind de timp. Frecvența de deservire μ se poate interpreta ca valoarea inversă a timpului de deservire. Pentru timpul mediu de deservire se obține

$$T_{en}=\int_0^{\infty}\frac{dP_0}{dt}\,dt=\frac{1}{\mu}. \tag{5.9}$$

5.2.3. ASPECTUL ANALITIC AL PROBLEMEI

Admițînd că atît procesul imput, cît și mecanismul de deservire se supune unor distribuții exponențiale, procesul deservirii mai multor mașini este un proces Markov.

Procesul Markov, așa cum s-a stabilit — prin cunoașterea sistemului în prezent, se poate determina comportarea lui în viitor fără a avea nevoie de informații din trecut. Aceasta deoarece la determinarea distribuției exponențiale a opririlor de mașini și a timpilor de deservire s-a admis că evenimentele stochastice în intervalul (dt) sînt independente de trecut (intervalul 0, t).

Stabilind o modalitate de deservire în ordine temporară, adică : „prim venit“ — „prim deservit“, rezultă următoarele trei stări pentru ca cele x ($x=1-n$) mașini să meargă în intervalul dat.

1. Starea $x-1$ — în intervalul dt se pune în funcțiune o mașină.
2. Starea $x+1$ — în intervalul dt o mașină se oprește.
3. Starea x — în intervalul dt nici o mașină nu pornește și nici o mașină nu se oprește.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza independenței statistice se poate scrie

$$\pi_x(dt)=\pi_{x-1}(t)\cdot P_{x-1,x}+\pi_{x+1}(t)\cdot P_{x+1,x}+\pi_x(t)\cdot P_{x,x}. \qquad (5.10)$$

$$x=1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ n-1.$$

Stările extreme: $x=n$, $x=0$, toate mașinile merg, respectiv stau, se obține: pentru $x=n$

$$\pi_x(dt)=\pi_{(x-1)}(t)\cdot P_{x-1,x}+\pi_x(t)\cdot P_{x,x}, \qquad (5.11)$$

iar pentru $x=0$

$$\pi_x(dt)=\pi_{x+1}(t)\cdot P_{x-1,x}+\pi_x(t)\cdot P_{x,x}. \qquad (5.12)$$

Probabilitățile de trecere, ținînd seama de distribuția exponențială a opririlor și deservirilor, vor fi pentru relația (5.10):

$P_{x-1,x}=\mu dt$ — se pune în funcțiune o mașină;

$P_{x+1,x}=x,\ \lambda dt$ — o mașină x din cele care funcționează se oprește;

$P_{x,x}=1-(x\lambda dt+\mu dt)=1-(x\lambda+\mu)\,dt$ — nici o mașină nu funcționează; și nici o mașină nu se oprește.

— Pentru relația (5.11) ($x=n$):

$P_{x-1,x}=\mu dt$ — singura mașină ce stă pornește;

$P_{x,x}=1-\lambda dt$ — toate mașinile funcționează, nici una nu stă.

— Pentru relația (5.12) ($x=0$):

$P_{x-1,x}=\mu dt$ — singura mașină care funcționează se oprește;

$P_{x,x}=1-\lambda dt$ — toate mașinile stau.

Probabilitățile de stare obținute din relațiile (5.10), (5.11) și (5.12) sînt dependente de timp cîtă vreme probabilitățile de trecere sînt independente de timp. Teorema lanțurilor Markov dovedește că probabilitățile de stare $\pi_x(t)$ devin egale cînd t tinde la infinit. Deci:

$$\lim_{t\to\infty}\pi_x(t)=\pi_x.$$

În timp ce $\pi_x(dt)\to\pi_x$ procesul de convergență spre starea staționară se desfășoară repede.

Dacă la începutul schimbului muncitorul pornește toate mașinile, sistemul începe $\pi_{x=0}(0)=1$; toate celelalte posibilități de stare sînt zero $\pi_x=0$.

Pe baza teoremei amintite după un timp infinit de mare, probabilitățile π_x nu se schimbă. S-a dovedit în practică că starea staționară se produce după un timp relativ scurt. În această situație, relațiile (5.10), (5.11) și (5.12) devin pentru $x=1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ n-1$;

$$\pi_x=\pi_{x-1}\cdot\lambda+\pi_{x+1}\cdot\lambda+\pi_x[1-(x\lambda+\mu)]; \qquad (5.13)$$

pentru $x=n$

$$\pi_x=\pi_{x-1}\cdot\lambda+\pi_x(1-\mu); \qquad (5.14)$$

Scanned with OKEN Scanner

pentru $x=0$

$$\pi_x=\pi_{x+1}\cdot\lambda+\pi_x(1-\mu). \tag{5.15}$$

Rezultă deci, noi ecuații cu noi necunoascute π_x ($x=0, 1, \ldots, n$). Cum una din relații este reductibilă se poate folosi în locul ei condiția ca suma probabilităților de stare să fie egală cu 1

$$\sum_{x=0}^{n}\pi_x=1. \tag{5.16}$$

O soluție compactă pentru acest sistem de ecuații a fost dată de Morse, Bharucha-Reid

$$\pi_x=\frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^x}{x\sum_{x=0}^{n}\frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}},\quad x=0, 1, 2, \ldots, n. \tag{5.17}$$

Această relație stabilește distribuția probabilităților de stare al cărui aspect calitativ este redat în fig. 5.1.

Problema fundamentală a unui fenomen de așteptare și anume, determinarea legii de probabilitate a unităților din sistem, fiind soluționată, se poate trece la stabilirea condițiilor de optim pentru locul de muncă multipozițional.

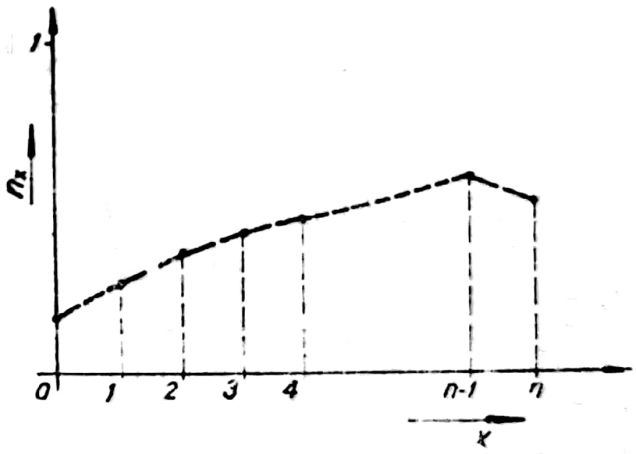


Fig. 5.1. Distribuția probabilității de stare.

5.2.4. STABILIREA FUNCȚIEI PRODUCȚIEI ȘI COSTURILOR

5.2.4.1. INDICELE DE PRODUCȚIE AL MAȘINII

Indicele de producție al mașinii este definit ca fiind raportul dintre timpul de bază (t_{Mb}) și timpul total (t_M). În cazul deservirii mai multor mașini privite ca un sistem de așteptare, indicele de producție este dat de raportul dintre numărul mediu al mașinilor în funcțiune și numărul de mașini din sistem.

Luînd în considerare timpul total (t_M) al celor n mașini în cazul polideservirii, se poate determina timpul de mașină al unui post

$$t'_M=\frac{t_M}{n}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă numărul mediu de posturi în funcțiune este l, se poate obține timpul principal (de bază) al sistemului $t_{Mb}=t'_M \cdot l$.

Indicele capacității active de producție al sistemului la un moment dat va fi atunci

$$\eta_P = \frac{t_{Mb}}{t_M} = \frac{t'_M}{t_M n} = \frac{l}{n}. \tag{5.18}$$

Numărul mediu al mașinilor în funcțiune rezultă din media aritmetică a distribuțiilor probabilităților de stare

$$l = \sum_{x=0}^{n} x \cdot \pi_x. \tag{5.19}$$

Prin înlocuire se obține pentru indicele capacității active de producție

$$\eta_P = \frac{l}{n} = \frac{\sum_{x=0}^{n} x\pi_x}{n}, \tag{5.20}$$

sau prin înlocuiri și transformări

$$\eta_P = \frac{\mu}{\lambda \cdot n} = \frac{\sum_{x=0}^{n-1} \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}{\sum_{x=0}^{n} \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}. \tag{5.21}$$

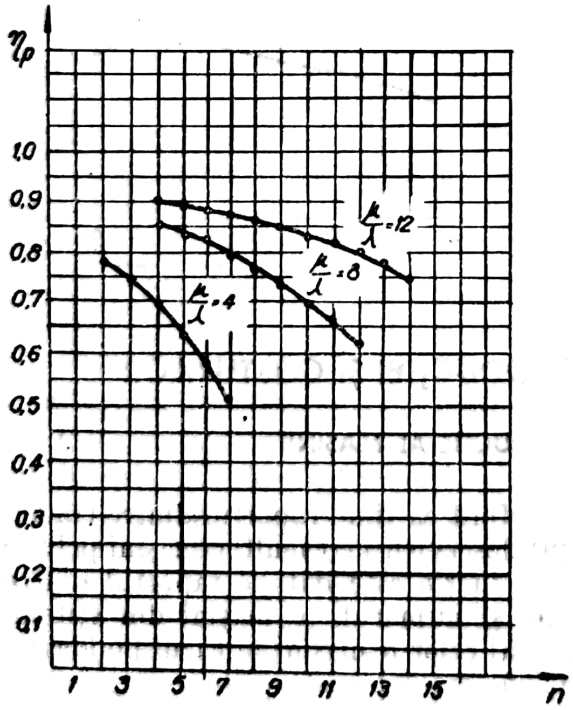


Fig. 5.2. Variația capacității active de producție.

Din relație se poate observa că indicele capacității de producție active, a productivității la un moment dat, depinde de numărul posturilor n și de raportul $\frac{\mu}{\lambda}$. Acest indice arată într-un fel și eficiența sistemului polideservirii.

Reprezentarea grafică a relației (5.21) pentru diferite valori a raportului $\frac{\mu}{\lambda}$ ne dă o imagine a variației indicelui capacității active de producție funcție de numărul mașinilor din sistem. η_P scade cu creșterea lui n, întrucît crește timpul de așteptare al mașinii (fig. 5.2).

Scăderea indicelui de productivitate este cu atît mai pregnantă cu cît crește frecvența opririlor (λ) față de frecvența deservirilor μ.

Scanned with OKEN Scanner

5.2.4.2. FUNCȚIA DE PRODUCȚIE

Funcția de producție este definită ca fiind legătura dintre factorii de producție ce intră în procesul de fabricație și rezultatele acestui proces.

Ca factori de producție principali pentru studiul întreprins sînt considerați operatorul (muncitorul) și mașina, fiind comparați cantitativ prin timpii (t_e) și (t_f).

Factorii de producție fiind limitaționali, participarea cantitativă a unui factor depinde numai de volumul de producție realizată.

S-a arătat dependența volumului de producție prin funcția

$$q=f\left(\frac{t_f}{t_e}\right).$$

Cantitatea produsă în unitatea de timp a unui loc de muncă multipoziționat se poate determina cu relația

$$q=\frac{1}{t_{Mb}}\cdot\eta_P\cdot n, \tag{5.22}$$

în care:

$\frac{1}{t_{Mb}}$ reprezintă cantitatea produsă în unitatea de timp a unei mașini cu funcționarea neîntreruptă;

η_P — indicele capacității de producție al mașinii;

n — numărul de mașini deservite.

Folosind pentru η_P relația (5.21), se obține

$$q=\frac{1}{t_{Mb}}\cdot\frac{\mu}{\lambda}\cdot\frac{\sum_{x=0}^{n-1}\frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}{\sum_{x=0}^{n}\frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}. \tag{5.23}$$

Relația ne indică faptul că producția în unitatea de timp (q) este o funcție a numărului de posturi n și prin λ și μ o funcție a factorilor de producție-om-mașină.

De fapt $\frac{1}{\lambda}=T_f$ este timpul mediu de mers al unei mașini, iar $\frac{1}{\lambda}=T_a$ reprezintă timpul de așteptare.

În figura 5.3 este reprezentată grafic relația pentru diferitele valori ale parametrului $\frac{\mu}{\lambda}$ funcție de n.

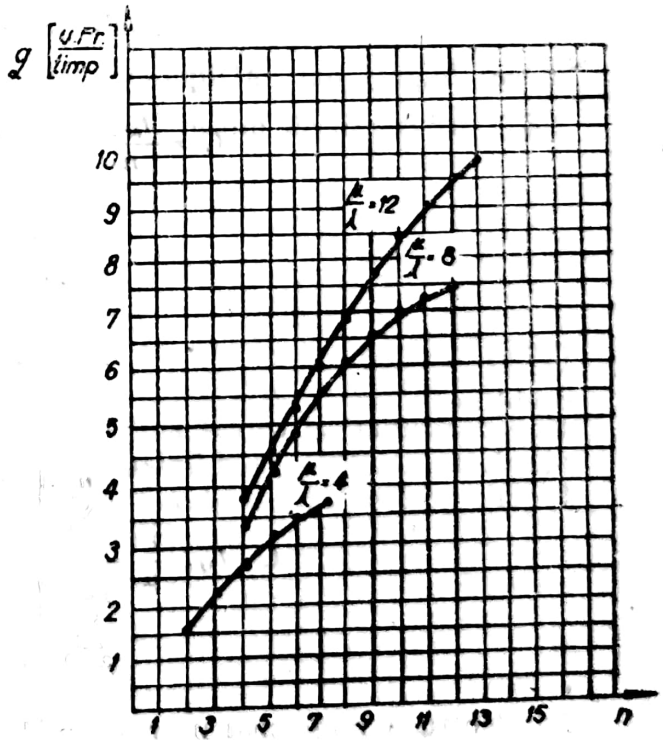


Fig. 5.3. Variația producției în unitate de timp și de raportul $\frac{\mu}{\lambda}$.

Scanned with OKEN Scanner

5.2.4.3. COSTURI LIMITA ÎN CAZUL DESERVIRII MAI MULTOR MAȘINI

Pentru calculul costurilor în cadru deservirii mai multor mașini se pot considera două categorii de costuri:

— costuri cu personalul;

— costuri tehnice de fabricație.

Unele din aceste costuri sînt dependente de timp, iar altele de cantitățile de produse realizate. Costurile dependente de cantitatea de produse sînt constante în raport cu unitatea de produs și deci nu vor avea influență asupra optimizării factorilor de producție.

Numărul optim de mașini deservite poate fi stabilit ținînd seama de variația costurilor dependente de timp (calculate sub formă de norme sau cote orare)

$$C = C_M \cdot t_M + C_m \cdot T_{en}, \tag{5.24}$$

în care:

C reprezintă costurile totale în cazul deservirii mai multor mașini;

C_M — costurile pentru mașină;

C_m — costurile cu personalul.

Ținînd seama că

$$t_M = \frac{t_{Mb}}{\eta_P} \quad \text{și} \quad T_{en} = \frac{t_{Mb}}{\eta_P \cdot n},$$

relația (5.24) se poate scrie sub forma

$$C = C_M \frac{t_{Mb}}{\eta_P} + C_m \frac{t_{Mb}}{\eta_P \cdot n} = \frac{t_{Mb}}{\eta_P \cdot n}(C_M \cdot n + C_m), \tag{5.25}$$

sau

$$C = \frac{t_{Mb}}{n} \cdot \frac{C_M \cdot n + C_m}{\frac{\mu}{\lambda \cdot \eta_p} \cdot \frac{\sum_{x=0}^{n-1} \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}{\sum_{x=0}^{n} \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}},$$

se obține

$$C = t_{Mb} \frac{\lambda}{\mu} \frac{\sum_{x=0}^{n} \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}}{\sum_{x=0}^{n-1} \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-x}}{(n-x)!}} \cdot (C_M \cdot n + C_m). \tag{5.26}$$

Pentru a pune mai ușor în evidență variația costurilor în funcție de n, λ, μ, precum și a cotelor părți din costuri, reprezentarea grafică se face pentru diferite valori ale raportului $\frac{C_m}{C_M}$.

Scanned with OKEN Scanner

Se observă că pentru valori mai mari ale cotelor orare de mașină, numărul optim de posturi repartizate este mai mic (fig. 5.4).

Înseamnă că la costurile mari de mașină trebuie reduși timpii de staționare, iar la costurile ridicate cu personalul trebuie micșorat timpul de deservire.

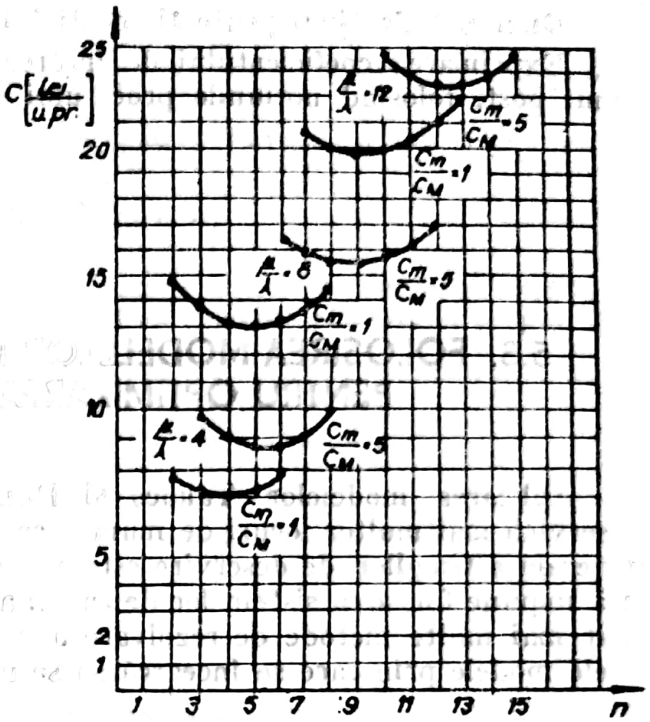


Fig. 5.4. Variația costurilor în funcție de n și $\frac{\mu}{\lambda}$.

5.2.4.4. SOLICITARI TEMPORARE ALE MUNCITORULUI

În condițiile admise pentru distribuția stochastică exponențială cu proprietăți Markov, aplicată la deservirea mai multor mașini, timpii lucrătorului și timpii de mașină măsurați la locul de muncă sînt valori statistice medii

Din analiza relației (5.16) rezultă că pentru $\frac{\lambda \cdot n}{\mu} = 1$ probabilitatea π_n (toate mașinile merg) ia o valoare foarte mică. Solicitarea (temporară) a muncitorului este completă dacă coeficientul de încărcare $K = \frac{\lambda \cdot n}{\mu} = 1$ sau solicitarea muncitorului este completă cînd timpul mediu de mers al mașinilor deservite este egal cu timpul mediu de deservire, adică

$$T_{fn} = T_{en} = \frac{1}{n \cdot \lambda} = \frac{1}{\mu},$$

de unde

$$\frac{n \cdot \lambda}{\mu} = 1. \tag{5.27}$$

Pentru a analiza mai riguros, trebuie să se țină seama că muncitorul nu va mai avea „timp" de așteptare, dacă în afara mașinii la care el lucrează toate celelalte $(n-1)$ merg și timpul mediu de mers al acestora este egal cu timpul mediu de deservire. Aceste considerații presupun deci că

$$T_f(n-1) = T_{en},$$

ceea ce conduce la :

$$\frac{\lambda(n-1)}{\mu} = 1. \tag{5.28}$$

Deci, la $\frac{\lambda \cdot n}{\mu} = 1$, muncitorul nu va fi solicitat complet.

Diferența de timp poate fi socotită timp de supraveghere.

Exprimarea coeficientului de încărcare a lucrătorului pentru deservirea unui post, folosind noțiunile procesului stochastic va avea forma

$$k_m = \frac{\lambda}{\mu}. \tag{5.29}$$

5.3. FOLOSIREA MODELELOR TAKACS ȘI RUNNENBURG PENTRU OPTIMIZAREA POLIDESERVIRII

Aplicarea modelelor Takacs și Runnenburg la soluționarea aspectelor deservirii mai multor locuri de muncă, ca proces de aglomerare, cu distribuție generală a timpilor de deservire este atît de complicată încît rezolvarea practică impune folosirea sistemelor de calcul automat. În această direcție sau studiat mai multe metode de rezolvare a problemei. Dintre acestea se prezintă unele modele prin care se încearcă să se ușureze rezolvarea.

5.3.1. MODELUL TAKACS

Prin studiile efectuate de Takacs se încearcă a se demonstra modul cum se poate rezolva, cel puțin teoretic, problema privind distribuția generală a timpilor de deservire.

În vederea rezolvării problemei se consideră funcția de distribuție a timpului de funcționare a mașinii de forma : $P_0(t) = e^{-\lambda t}$.

Timpii de deservire respectă o distribuție generală de forma $P(t) = B(t)$, valoarea medie fiind dată de expresia $m = \int_0^\infty dB(t)$ iar valoarea abaterii $\sigma^2 = \int_0^\infty (t-m)^2 \cdot dB(t)$ și care sînt considerate finite.

Modul de deservire se consideră prim venit — prim deservit.

Admițînd o distribuție generală de forma $B(t)$, probabilitățile se obțin prin relația

$$\pi_r = \sum (-1)\left(\frac{i}{x}\right) Bi\,; \qquad \sum_{x=0}^{n} \pi_x = 1 \tag{5.30}$$

la care $Bi = 1$ pentru $i = 0$

$$Bi = \frac{nC_i - 1}{i} \cdot \frac{\sum_{k=i-1}^{n-1} \left(\frac{n-1}{k}\right)\left(\frac{i}{C_k}\right)}{(1+nm)\left(\frac{n-1}{k}\right)\left(\frac{1}{C_k}\right)}, \tag{5.31}$$

$i = 1, 2, \ldots, n$ iar $C_i = 1$ pentru $i = 0$

Scanned with OKEN Scanner

şi

$$C_i = \pi_{k=1} \cdot \frac{\varphi(k \cdot \lambda)}{1 - \varphi(k \cdot \lambda)}, \tag{5.32}$$

$i = 1, 2, \ldots, (n-1)$ iar $\varphi(k \cdot \lambda)$ este transformata Laplace a lui $B(t)$

$$\varphi(k \cdot \lambda) = \int_0^\infty e^{-k\lambda t} dB(t). \tag{5.33}$$

Dacă se admite pentru $B(t)$ distribuţia exponenţială a timpului de deservire, atunci relaţiile (5.30...5.33) corespund cu relaţiile Markov şi se pot stabili modele mai generale pentru :
— numărul mediu de posturi în funcţiune ;
— indicele de productivitate ;
— funcţia de producţie ;
— funcţia cheltuielilor şi beneficiului.

În condiţiile unor distribuţii neexponenţiale aceste expresii devin foarte complicate încît pentru rezolvarea lor este necesar a se face apel la calculatoare electronice.

5.3.2. MODELUL RUNNENBURG

În studiile sale Runnenburg abordează problema puţin sub alt aspect. Astfel, spre deosebire de Markov şi Takacs, care pleacă de la deservirea posturilor de lucru pe principiul prim venit prim deservit, modelul Runnenburg consideră supravegherea şi deservirea posturilor de lucru pe principiul deplasării continue a operatorului. Această formă de deservire se întîlneşte în mod deosebit în industria textilă, dar şi în alte industrii la care ciclu de lucru se desfăşoară în linie tehnologică, în întindere destul de mare.

Pentru acest model se consideră restricţiile :
— opririle de maşini sînt distribuite exponenţial în timp ;
— timpul de deservire respectă distribuţia generală de forma $P(t) = B(t)$.

Prin deplasarea continuă, lucrătorul vizitează toate cele n posturi de lucru.

Timpul de deplasare de la un post la altul este constant şi se prezintă sub forma $C = \sum C_i$

Dacă se admite probabilitatea π_x, adică x maşini stau, se poate scrie :

$$\pi_x = k \cdot \prod_{j=0}^{x-1} (e^{-\lambda C} \cdot j^{-j} - 1), \tag{5.34}$$

cu

$$k = \frac{1}{\sum_{x=0}^{n} \left(\frac{n}{x}\right) \prod_{j=0}^{x-1} (e^{-\lambda C} \cdot j^{-j} - 1)}, \tag{5.35}$$

şi

$$J = \int_0^\infty e^{-\lambda t} dB(t), \tag{5.36}$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru cazul cînd se consideră o distribuție exponențială a timpului de deservire, pentru $B(t)$ se poate scrie

$$J = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \cdot \tag{5.37}$$

Celelalte relații pentru numărul mediu de posturi, pentru indicele de productivitate, pentru funcția de producție, pentru funcția costurilor și a cîștigurilor sînt aproximativ aceleași ca în cazul modelului Markov.

5.4. METODA OPTIMIZĂRII DESERVIRII MAI MULTOR MAȘINI FOLOSIND COEFICIENTUL DE MECANIZARE

Sistemul polideservirii prezintă largi posibilități de aplicare la diverse procese de prelucrare, avînd caracteristice deterministe sau întîmplătoare. Posibilitățile de aplicare în condiții eficiente sînt determinate de complexitatea și caracteristicile proceselor tehnologice și de factorii de solicitare a lucrătorului/lucrătorilor.

La mașinile cu ciclu regulat, organizarea polideservirii se poate face în condiții mai ușoare, deoarece se pot stabili cu precizie parametri de lucru, respectiv raportul dintre lucrător și mașinile deservite, precum și solicitările la care este supus lucrătorul.

În cazul locurilor de transformare (prelucrare) la care deservirea și supravegherea sînt de durate diferite, cu timpi întîmplători, problema optimizării comportă studii și calcule mai complexe.

În industria constructoare de mașini se întîlnesc în majoritatea cazurilor situații în care mijloacele de prelucrare au un ciclu regulat.

Pentru optimizarea polideservirii în cazul prelucrării pe mașini-unelte, în sistem polideservire, au fost studiate și elaborate mai multe metode care se pot folosi la stabilirea parametrilor de lucru între om-mașină astfel ca aceasta să fie eficientă.

Dintre acestea se prezintă în continuare o metodă care pare mai expeditivă [96].

Metoda folosește pentru rezolvarea unor cazuri concrete tabele și grafice.

Tratarea problemei se face luînd în considerare unele noțiuni caracteristice ale mijloacelor de prelucrare, ce se referă la : coeficientul de mecanizare, coeficientul de încărcare.

5.4.1. DTTERMINAREA COEFICIENTULUI DE MECANIZARE (φ)

Coeficientul de mecanizare este definit ca raport al timpilor de mers automat al mașinii-unelte și timpul manual.

Coeficientul este influențat de următorii factori principali :

1. Felul și productivitatea mijlocului de producție. Mărirea productivității mașinii se poate obține prin reducerea timpului manual și prin folosirea mai bună a capacității mașinii.

Scanned with OKEN Scanner

2. Mărimea lotului de piese. Prin creşterea mărimii lotului creşte coeficientul de mecanizare, deoarece timpul de pregătire încheiere ce revine la unitatea de produs scade.

3. Caracteristicile materialului de prelucrat. La prelucrarea prin aşchiere are o mare importanţă mărimea adaosului, la alte procedee are influenţă prelucrabilitatea materialului.

Coeficientul de mecanizare trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

— determinarea să se facă în mod unitar pentru toate unităţile pentru a da posibilitatea comparării;

— trebuie să exprime real gradul de dezvoltare al mecanizării şi automatizării;

— să reflecte dinamica procesului de fabricaţie;

— determinarea să se facă uşor.

Dacă la o prelucrare munca este numai manuală, coeficientul de mecanizare este zero. Odată cu creşterea tehnicităţii el creşte tinzînd spre infinit.

Creşterea coeficientului de mecanizare, respectiv scăderea timpului manual se poate realiza prin folosirea de maşini cu un grad mărit de automatizare şi prin diverse dispozitivări (dispozitive de desprindere rapidă, limitatoare de cursă, alimentatoare şi altele).

Odacă cu creşterea coeficientului de mecanizare se creează premisele necesare deservirii mai multor maşini.

Coeficientul de mecanizare este un indicator prin care se poate urmări tendinţele şi stadiul mecanizării şi automatizării proceselor de producţie în cadrul unei întreprinderi sau sector productiv.

Determinarea coeficientului de mecanizare se obţine, aşa cum s-a arătat, raportînd timpul de mers automat al maşinii (t_f), la timpul muncitor (t_e). Timpul de maşină cuprinde timpul de bază (t_{Mb}) şi timpul auxiliar (t_{Ma}).

$$t_f = t_{Mb} + t_{Ma}. \tag{5.38}$$

În timpul muncitorului se cuprinde timpul de deservire (t_d), timpul de pregătire-încheiere (t_{pi}) sau $t_{pi/n}$ pentru n produse şi timpul tehnico-organizatoric la locul de muncă (t_{to})

$$t_e = t_d + t_{pi} + t_{to}. \tag{5.39}$$

La deservirea mai multor maşini coeficientul de mecanizare se calculează cu relaţia

$$\varphi = \frac{\sum t_{fi}}{\sum (t_e + t_0)_i + T_f^a}, \tag{5.40}$$

în care:

t_0 este timpul de odihnă şi necesităţi fiziologice;

T_f^a — timpul de suprapunere ce determină staţionări ale maşinilor.

Timpii de bază (t_{Mb}) se stabilesc din legile de aşchiere, fiind funcţie de parametrii tehnologici ai procesului de prelucrare.

Timpul de suprapunere scade odată cu creşterea coeficientului de mecanizare, deoarece operatorul va fi din ce în ce mai puţin ocupat cu intervenţia efectivă şi mai mult cu supravegherea.

Scanned with OKEN Scanner

La fel s-a observat în practică că timpul de suprapunere scade dacă în locul deservirii multipoziționale singulare se trece la deservirea mai multor mașini în grup (desrvirea colectivă), fapt ce trebuie luat în seamă la organizarea deservirii mai multor mașini.

În figura 5.5 se prezintă un exemplu de variație a timpului de suprapunere în condițiile polidesrvirii individuale (1) sau în colectiv (2).

Explicarea reducerii timpului se poate face prin aceea că, în cazul deservirii în colector, deservirea unei mașini din grup care se oprește la un moment dat se poate face de unul din deservanți care se află în acel moment într-o perioadă de așteptare.

Desigur, pentru a se putea folosi această metodă este necesar ca în componența colectivului să fie cuprinse cadre în pregătire, care să permită această intervenție, deci să fie policalificate.

Variația timpului de suprapunere în funcție de gradul de mecanizare provizorie și numărul de mașini deservite se prezintă ca în figura 5.6. Această variație se poate determina prin metoda calculului probabilității sau chiar prin metode experimentale. Între cele două metode se obțin mici diferențe, care cresc odată cu creșterea numărului de mașini, respectiv datorită timpului de staționare.

Pentru obținerea valorii timpului de staționare s-au efectuat măsurători și s-au întocmit tabele de către Rosemberg și Prochorov.

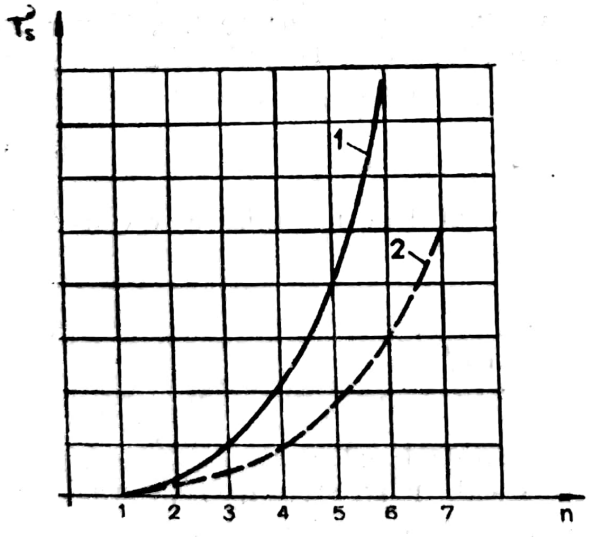


Fig. 5.5. Exemple de variație a timpului de suprapunere (T_s^a) în cazul deservirii individuale (curba 1) și colective (curba 2).

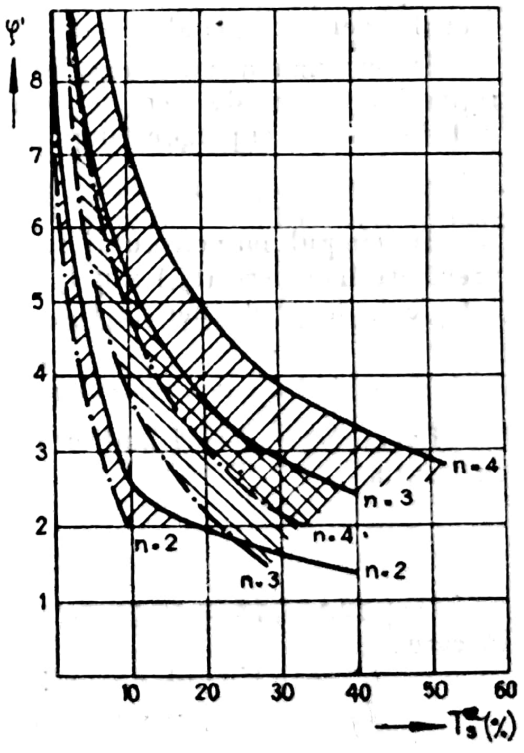


Fig. 5.6. Exemple de variație a timpului de suprapunere (T_s^a) în funcție de gradul de încărcare provizoriu (φ').

Scanned with OKEN Scanner

În tabele se indică timpii de stagnare în funcție de coeficientul provizoriu de mecanizare φ' precum și în funcție de numărul de mașini deservite și de numărul de lucrători care deservesc mașinile.

Coeficientul provizoriu de mecanizare corespunde valorii obținute din relația

$$\varphi' = \frac{\Sigma t_{fi}}{\Sigma t_{ai}}. \tag{5.41}$$

Din această relație se poate observa că în calcul apare numai timpul efectiv utilizat de lucrător la deservirea mașini, dar practic s-a prevăzut să fie luat în considerare și timpul de suprapunere. Din aceste motive, în prima fază se admite acest coeficient, care se corectează apoi prin introducerea și a timpului de suprapunere.

5.4.2. DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE ÎNCĂRCARE (η)

Coeficientul de încărcare al mașinii, η, se definește ca raport între timpul de mers automat t_f și timpul total

$$\eta = \frac{\Sigma t_{fi}}{\Sigma t_{fi} + \Sigma t_{ai} + T_s^a}, \tag{5.42}$$

și exprimă încărcarea efectivă a mașinii. Deoarece

$$\varphi = \frac{\Sigma t_{fi}}{\Sigma t_{ai} + T_s^a},$$

se observă că η se poate exprima sub forma.

$$\eta = \frac{\varphi}{\varphi + 1}. \tag{5.43}$$

Variația lui η în funcție de φ se prezintă în figura 5.7.

Din figură se constată că odată cu creșterea coeficientului de mecanizare, coeficientul de încărcare tinde să crească spre valoarea 1.

Se poate folosi coeficientul de încărcare și pentru stabilirea normei de timp pentru mașinile din sistemul polideservirii prin relația

$$t_{fn} = \sum F_r \cdot \eta, \tag{5.44}$$

în care :

F_r — fondul de timp real al mașinii — unelte.

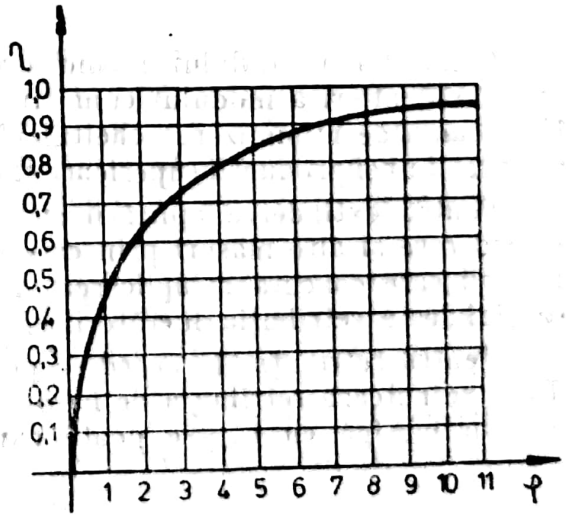


Fig. 5.7. Curba de variație a funcției $\eta = f(\varphi)$.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea creşterii se poate face luînd în considerare valorile dinainte şi după aplicarea mecanizării

$$\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_1, \tag{5.45}$$

$$\Delta\eta = \eta_i - \eta_1. \tag{5.46}$$

Eficienţa acţiunilor de mecanizare se pot evidenţia dacă se reprezintă variaţia coeficientului de rentabilitate în funcţie de gradul de mecanizare

$$\lambda = f(\varphi). \tag{5.47}$$

Dacă pentru o perioadă de plan se stabilesc diferite sarcini (prelucrări, sortimente) care conduc la obţinerea unor coeficienţi de utilizare a maşinilor-unelte diferenţiate, atunci pentru stabilirea condiţiilor de polideservire se poate determina un coeficient mediu de utilizare a maşinilor (η_{mediu})

$$\eta_{mediu} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \eta_i \cdot t_i}{t_{per}}; \tag{5.48}$$

în care :

η_i — reprezintă coeficienţii de încărcare respectivi ;

t_i — perioada de timp la care se referă gradul de încărcare.

Din forma de variaţie a curbei $\eta = f(\varphi)$ se poate observa o creştere rapidă a coeficientului de utilizare în zona valorilor mici ale coeficientului de mecanizare şi automatizare. Se poate reţine deci, ca o concluzie, că la valorile mici ale coeficientului de mecanizare a maşinilor-unelte, măsurile de creştere a acestui coeficient vor avea un efect favorabil pronunţat asupra gradului de încărcare, deci de folosire mai eficientă a maşinilor.

5.4.3. INFLUENŢA COSTURILOR ASUPRA NUMĂRULUI DE MAŞINI DESERVITE

Cunoaşterea gradului mediu de încărcare oferă posibilitatea unei mai bune evidenţieri a modului cum sînt folosite maşinile-unelte, în ce măsură se ţine seama de minimizarea cheltuielilor şi folosirea fondurilor fixe în vederea asigurării unei producţii superioare şi a unei eficienţe a activităţii de producţie.

Pentru extinderea aplicării sistemului polideservirii vor trebui luate în considerare şi alte măsuri prin care să se creeze o atitudine favorabilă. Între factorii care concură la aplicarea sistemului are importanţă şi modul cum se stabileşte retribuţia lucrătorilor.

Pentru retribuţia în acord se poate stabili o formă de calcul expeditivă. Dacă se notează retribuţia de bază cu R_B, cea tarifară cu R_T, norma de timp pentru maşină cu t_{fn}, se poate exprima retribuţia

$$R_B = \frac{R_T \cdot T}{t_{fn}}, \tag{5.49}$$

în care T este perioada de timp

Scanned with OKEN Scanner

Cum însă timpul de mașină se poate exprima sub forma

$$t_{fn} = \sum T \cdot \eta = n \cdot T \cdot \eta, \tag{5.50}$$

retribuția de bază va fi

$$R_B = \frac{1}{n \cdot \eta} \cdot R_T, \tag{5.51}$$

în care $\frac{1}{n \cdot \eta}$ este un factor de retribuție în acord.

Pentru o anumită perioadă efectivă, t_{ef}, se va calcula cu relația

$$R_A = R_B \cdot t_{ef}. \tag{5.52}$$

Pentru stabilirea costurilor de deservire a mai multor mașini se pleacă de la costurile lunare, care se reportează apoi la producția realizată. Aceste costuri sînt :

— amortismente mașini ;
— costurile de întreținere și reparații mașini ;
— amortismente clădiri și instalații ;
— costurile de întreținere și reparații clădiri și instalații ;
— costurile pentru unelte ;
— costurile pentru consum de energie ;
— costurile cu materiale ;
— alte cheltuieli generale ;
— costuri cu retribuirea muncii.

Însumarea acestora reprezintă costurile totale pe lună C_t.

Costurile de producție pe sortiment și bucată vor fi

$$P_{cost} = \frac{C_f (l_f + l_e) n_s}{\sum [(l_f + l_e) n_s] \cdot n_s}, \tag{5.53}$$

în care n_s reprezintă numărul de produse ale unui sortiment.

În vederea planificării economice a prelucrării diferitelor sortimente este indicat ca în întreprinderi să se întocmească fișe pe sortimente, în care să se calculeze coeficientul de mecanizare provizoriu φ', ce se poate deduce ușor. Deoarece articolele avînd același φ' sau unul apropiat vor conduce la un coeficient de încărcare al mașinilor η constant, se indică ca aceste fișe să se grupeze după aceeași valoare a lui φ'.

Pentru determinarea numărului optim de mașini deservite din punctul de vedere al costurilor minime se pleacă de la faptul că prin creșterea numărului de mașini repartizate spre deservire, ca urmare a creșterii numărului de piese produse de către un muncitor, scad costurile de salarizare pe unitatea de produs. Pe de altă parte, prin creșterea numărului de mașini repartizate cresc timpii de staționare ai mașinilor, respectiv vor crește costurile fixe legate de mașină pe unitatea de produs.

Din cauza acestei tendințe opuse apare un minim al costurilor pentru un anumit număr de mașini, care arată numărul optim de mașini ce pot fi deservite.

Scanned with OKEN Scanner

Scăderea costurilor în retribuirea muncii pe produs şi pe unitatea de timp va fi

$$\Delta C_e = \frac{100}{100 + T_s^a}\left(C_e - \frac{C_e}{n}\right), \qquad (5.54)$$

în care :

C_e reprezintă cota orară a retribuţiei ;

n — numărul de maşini deservite.

Expresia $C_e - \frac{C_e}{n}$ exprimă economia de retribuţie în cazul deservirii a n maşini faţă de deservirea unei maşini.

Creşterea costurilor de maşină pe unitate de produs şi unitate de timp va fi

$$\Delta C_f = \frac{100}{100 - T_s^a} \cdot C_f - C_f, \qquad (5.55)$$

în care :

C_f reprezintă cota orară de maşină.

Factorul $\frac{100}{100 - T_s^a}$ ţine seama de mărirea costurilor datorită timpului de staţionare T_s^a.

Economia totală a costului va fi

$$E_c = \Delta C_e - \Delta C_f = \left[\frac{100}{100 + T_s^a}\left(C_e - \frac{C_e}{n}\right)\right] - \left[\frac{100}{100 - T_s^a} \cdot C_f - C_f\right], \qquad (5.56\ a)$$

sau

$$E_c = \Delta C_e - \Delta C_f = \frac{100}{100 + T_s^a}\left(\frac{n-1}{n}\right) - \left(\frac{T_s^a}{100 - T_s^a}\right) Q_c, \qquad (5.56\ b)$$

în care :

$$Q_c = \frac{C_f}{C_e}.$$

Maximumul reducerii va indica numărul optim de maşini deservite. În acest scop se pot folosi grafice ca cel din fig. 5.8, în care s-au trasat curbele de optim pentru diferite rapoarte între costurile orare de maşină şi cele pe muncitor, din relaţia

$$Q_c = \frac{C_f}{C_e} \text{ şi diferiţi } \varphi'.$$

În practică se pot ivi cazuri cînd unele maşini, în cadrul deservirii multipoziţionale. să reprezinte pentru intreprindere sau chiar pentru industria naţională locuri înguste. De aceea se impune ca aceste maşini să fie exploatate la o anumită capacitate. Presupunem că se impune o utilizare a capacităţii unei maşini în proporţie de 85%. Dacă coeficientul de mecanizare provizoriu, φ',

Scanned with OKEN Scanner

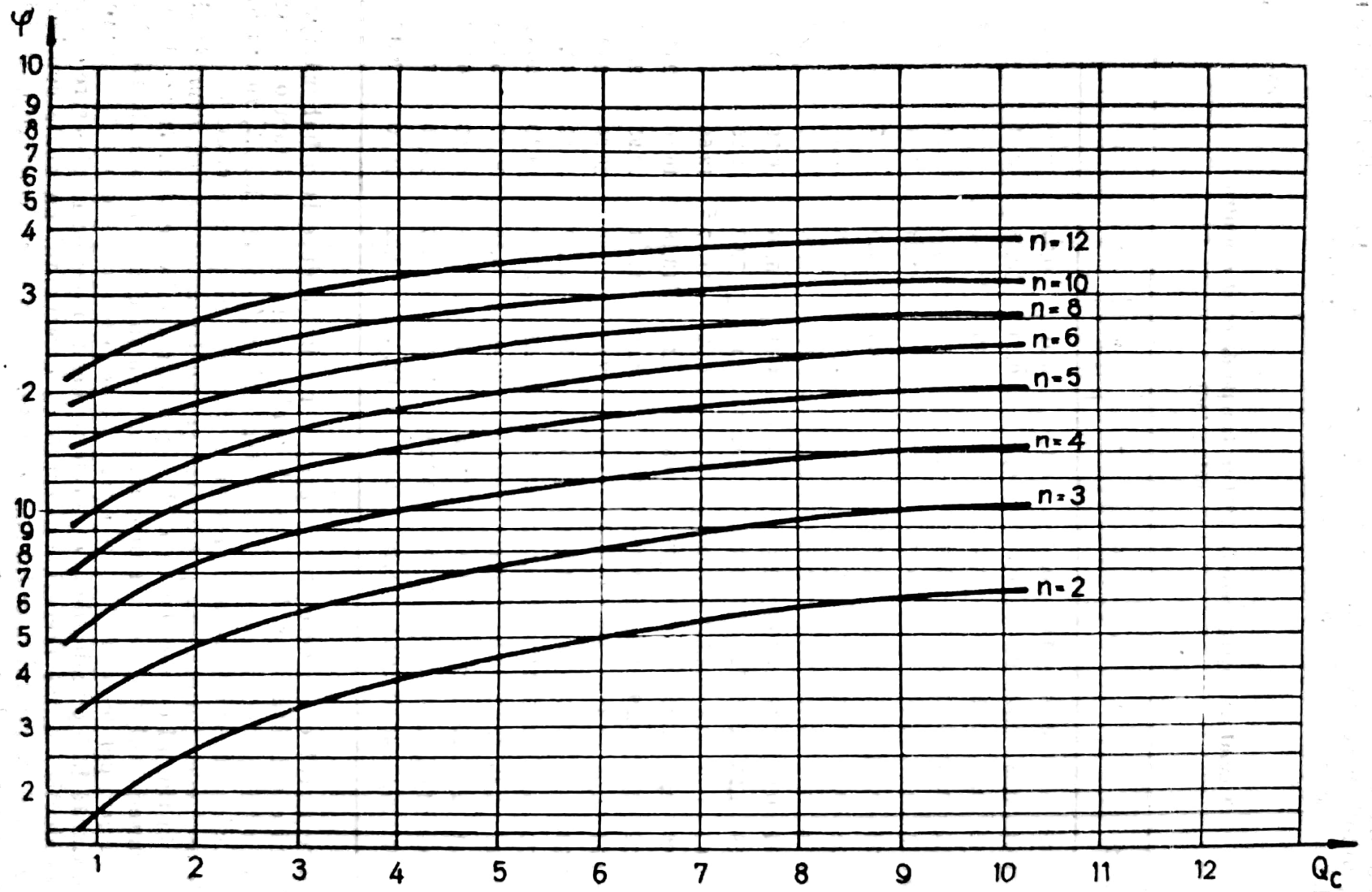


Fig. 5.8. Numărul optim de mașini ce pot fi deservite de un muncitor în funcție de Q_c și φ'.

Scanned with OKEN Scanner

rezultat din calcule este 4, atunci pentru a obține o încărcare de 85% a mașinilor, avînd în vedere că timpul de staționare va fi de 15%, din tabelul 5.1 rezultă un număr de 4 mașini deservite de un muncitor.

Tabelul 5.1

Timpul de suprapunere t_{sp} [%] în funcție de φ' și n pentru un muncitor [96]

φ' \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
60	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,35
50	0,04	0,08	0,12	0,16	0,21	0,25	0,30	0,35	0,41	0,52
40	0,06	0,12	0,19	0,26	0,33	0,40	0,48	0,56	0,65	0,84
30	0,10	0,21	0,33	0,46	0,49	0,73	0,88	1,04	1,21	1,60
25	0,15	0,31	0,48	0,66	0,89	1,07	1,28	1,54	1,81	2,42
20	0,23	0,47	0,74	1,03	1,35	1,70	2,08	2,15	2,97	4,06
18	0,28	0,58	0,91	1,27	1,67	2,12	2,61	3,08	3,76	5,20
16	0,34	0,72	1,15	1,61	2,13	2,71	3,36	4,08	4,90	6,84
14	0,44	0,94	1,49	2,10	2,80	3,58	4,46	5,46	6,59	9,32
12	0,59	1,25	2,00	2,85	3,82	4,92	6,18	7,62	9,25	13,18
10	0,82	1,76	2,83	4,07	5,49	7,13	9,02	11,17	13,60	19,31
9	0,99	2,13	3,45	4,98	6,75	8,80	11,14	13,18	16,80	23,59
8	1,22	2,64	4,29	6,22	8,46	11,05	14,00	17,31	20,95	28,36
7	1,54	3,35	5,47	7,96	10,84	14,16	17,89	21,96	26,30	35,14
6	2,00	4,37	7,17	10,46	14,24	18,51	23,16	28,07	33,02	42,33
5	2,70	5,93	9,75	14,18	19,18	24,62	30,25	35,83	41,10	50,17
4	3,85	8,45	13,83	19,91	26,43	33,05	39,40	45,19	50,27	58,36
3	5,88	12,82	20,61	28,80	36,81	44,11	50,41	55,68	60,03	66,67
2	10,00	21,05	32,14	44,20	50,60	57,29	62,53	66,67	70,00	75,00
1,5	13,79	27,86	40,50	50,71	58,48	64,31	68,75	72,22	75,00	79,17

De remarcat că o deservire în grup a mașinilor duce la o îmbunătățire a utilizării capacității mașinilor. Dacă la același exemplu considerăm o muncă colectivă a 3 muncitori, atunci rezultă pentru același φ', din tabelul 5.2, un număr de 16 mașini deservite, ceea ce revine la 5,3 mașini pe muncitor.

De asemenea, în practică pot apărea și situații inverse, adică locuri largi. Mai ales în timpul concediilor de odihnă pot fi mașini care stau. În acest caz se dau muncitorului cît mai multe mașini pentru deservire simultană. S-a arătat că prin polideservire fiecare mașină aduce un aport suplimentar de producție. Există însă o limită de la care oricîte mașini i s-ar da în plus spre deservire, producția rămîne aceeași, din cauză că deservantul nu poate cuprinde întreaga zonă de mașini date lui spre deservire, ceea ce va conduce la opriri, foarte frecvente, ale mașinilor.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.2

Timpul de suprapunere t_{sp}, în funcție de φ' și n pentru 3 muncitori

φ' \ n	$n=4$	$n=5$	$n=6$	$n=7$	$n=8$	$n=9$	$n=10$	$n=12$	$n=14$	$n=16$	$n=18$	$n=20$	$n=25$	$n=30$	$n=35$	$n=40$	$n=45$	$n=50$
60														0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
50													0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
40											0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,13	0,18
30								0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,11	0,17	0,26	0,38	0,45
25							0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,12	0,22	0,35	0,53	0,79	1,13
20					0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,10	0,14	0,28	0,50	0,82	1,29	1,95	2,91
18					0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,31	0,41	0,74	1,23	1,96	3,04	4,62
16				0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,10	0,15	0,22	0,31	0,64	1,16	1,06	3,18	5,02	7,75
14			0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,16	0,25	0,36	0,51	1,05	1,93	3,32	5,50	8,81	13,45
12			0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,16	0,27	0,43	0,63	0,88	1,85	3,47	6,11	10,20	15,89	22,58
10		0,01	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,31	0,57	0,81	1,20	1,69	3,61	3,90	12,11	19,19	26,94	34,03
9		0,01	0,03	0,06	0,10	0,16	0,24	0,45	0,75	1,17	1,73	2,46	5,27	10,07	17,15	25,50	33,38	40
8	0,01	0,02	0,05	0,09	0,16	0,24	0,35	0,67	1,12	1,75	2,60	3,70	7,96	14,86	23,77	32,59	40,01	46
7	0,01	0,03	0,07	0,14	0,24	0,38	0,56	1,05	1,76	2,75	4,08	5,81	12,32	21,68	31,61	40,01	46,67	52
6	0,01	0,05	0,13	0,24	0,41	0,63	0,92	1,73	2,91	4,55	6,72	9,51	19,13	30,34	40,02	47,50	53,33	58
5	0,03	0,10	0,23	0,44	0,74	1,14	1,65	3,08	5,15	7,97	11,59	15,99	28,67	40,30	48,57	55,00	60,00	64
4	0,05	0,20	0,47	0,88	1,47	2,25	3,24	5,96	9,76	4,63	20,32	26,37						
3	0,13	0,47	1,09	2,03	3,33	5,08	7,13	12,56	19,32	26,68	33,79	40,10						
2	0,41	1,44	3,19	5,71	8,93	12,93	17,40	27,02	36,14	43,82	50,01	55,00						
1,5	0,85	2,85	6,09	10,41	15,62	21,33	27,15	37,86	46,47	53,13	58,33	62,50						

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.3

Numărul de maşini care funcţionează concomitent (n') funcţie de n şi φ' [96]

φ' \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
60	2	3	4	4,99	5,99	6,99	7,98	8,98	9,97	11,96	13,94	15,92	17,89	19,86	24,75	29,59	34,36	39,03	43,54	47,82
50	2	3	4	4,99	5,99	6,98	7,98	8,97	9,96	11,94	13,91	15,88	17,83	19,78	24,61	29,33	33,91	28,26	42,24	45,66
40	2	3	3,99	4,99	5,98	6,97	7,96	8,95	9,94	11,90	13,85	15,79	17,72	19,63	24,29	28,73	32,79	36,79	38,77	40,23
30	2	2,99	3,99	4,98	5,97	6,95	7,93	8,91	9,89	11,81	13,73	15,59	17,43	19,22	23,39	26,89	29,33	30,55	30,93	31
25	2	2,99	3,98	4,97	5,95	6,92	7,90	8,86	9,82	11,71	13,56	15,36	17,08	18,72	22,26	24,62	25,70	25,97	26	26
20	2	2,98	3,97	4,95	5,92	6,88	7,83	8,78	9,70	11,51	13,24	14,87	16,35	17,68	19,95	20,82	20,99	21	21	21
18	1,99	2,98	3,96	4,94	5,90	6,85	7,79	8,72	9,62	11,37	13,02	14,52	15,84	16,92	18,53	18,95	19	19	19	19
16	1,99	2,98	3,95	4,92	5,87	6,81	7,73	8,63	9,51	11,18	12,70	14,02	15,10	15,91	16,84	16,99	17	17	17	17
14	1,99	2,97	3,94	4,90	5,83	6,75	7,64	8,51	9,34	10,88	12,21	13,28	14,06	14,55	14,96	15	15	15	15	15
12	1,98	2,96	3,92	4,86	5,77	6,66	7,51	8,31	9,08	10,42	11,48	12,21	12,65	12,87	13,00	13	13	13	13	13
10	1,98	2,95	3,82	4,80	5,67	6,50	7,28	8,00	8,86	9,68	10,38	10,75	10,92	10,98	11,00	11	11	11	11	11
9	1,98	2,94	3,86	4,75	5,60	6,37	7,11	7,76	8,32	9,17	9,66	9,89	9,97	9,99	10,00	10	10	10	10	10
8	1,98	2,92	3,83	4,69	5,50	6,23	6,88	7,44	7,91	8,54	8,85	7,99	8,99	9,00	9,00	9	9	9	9	9
7	1,97	2,90	3,78	4,60	5,35	6,01	6,57	7,01	7,33	7,78	7,94	7,31	8,00	8,00	8,00	8	8	8	8	8
6	1,96	2,87	3,71	4,48	5,15	5,87	6,15	6,47	6,70	6,92	6,98	6,90	7,00	7,00	7,00	7	7	7	7	7
5	1,95	2,82	3,61	4,29	4,85	5,23	5,58	5,78	5,89	5,98	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6	6	6	6	6
4	1,92	2,75	3,45	4,00	4,41	4,97	4,85	4,93	4,97	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5	5	5	5	5
3	1,88	2,62	3,19	3,56	3,79	3,91	3,97	3,99	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4	4	4	4	4
2	1,80	2,17	2,71	2,89	2,96	2,99	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3	3	3	3	3
1,5	1,72	2,17	2,38	2,47	2,49	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

Scanned with OKEN Scanner

Din teoria şirurilor de aşteptare rezultă că limita numărului de maşini care produc continuu, cînd numărul de maşini repartizate tinde spre infinit este de

$$\lim_{n\to\infty} n' = \varphi' + 1, \tag{5.57}$$

în care :

n' este numărul de maşini ce merg continuu.

Dacă, de exemplu, din calcule rezultă $\varphi' = 9$, atunci din tabelul 5.3 rezultă că începînd cu 25 maşini deservite, producţia nu mai creşte în continuare la repartizări de noi maşini. Adică, maşinile care merg continuu, n', rămîn la numărul constant de 10.

Acest număr limită, în funcţie de φ' şi n se poate obţine şi grafic, aşa cum se arată în fig. 5.9.

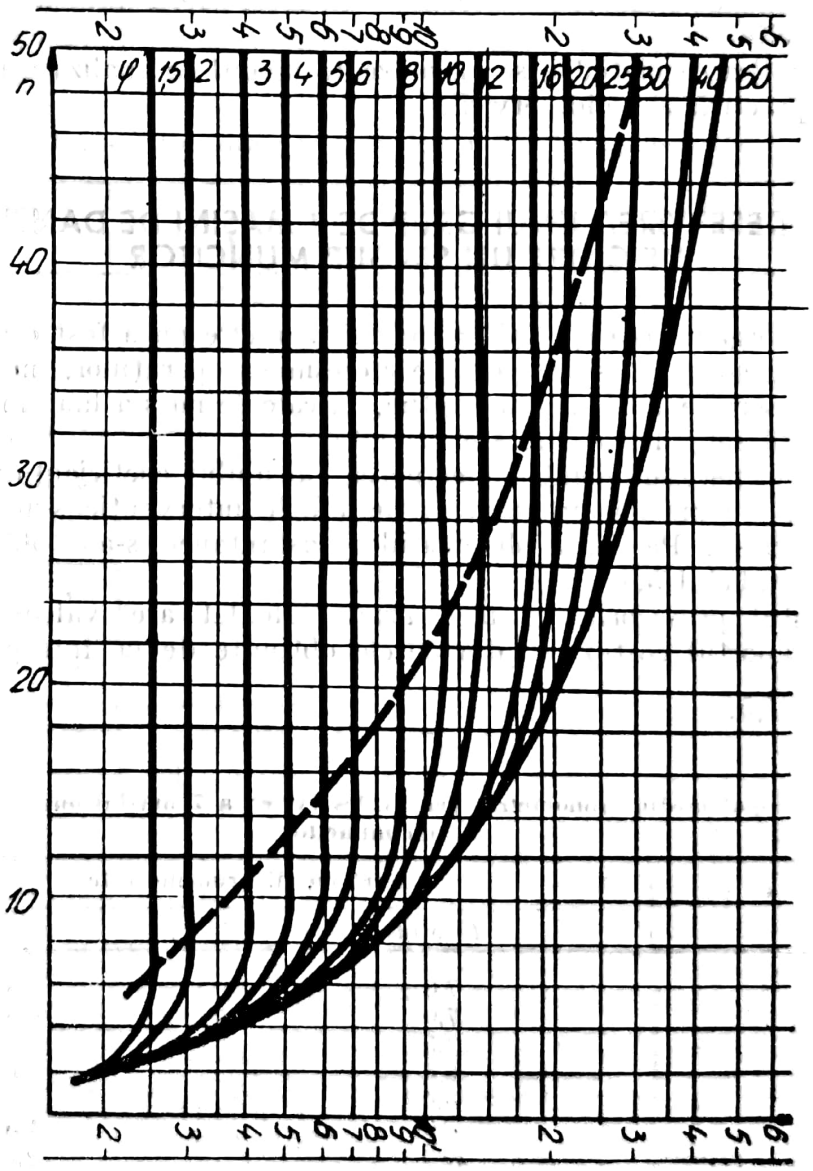


Fig. 5.9. Numărul de maşini echivalent (n') în funcţie de φ' şi de n

5.5. EXEMPLE DE OPTIMIZARE A POLIDESERVIRII FOLOSIND METODA COEFICIENTULUI DE MECANIZARE

Metoda coeficientului de mecanizare fiind bazată pe un volum foarte mare de observații oferă, în anumite cazuri, posibilități de analiză a condițiilor de optimizarea polideservirii, mai ales în cadrul unor unități din cadrul industriei constructoare de mașini. Se poate totuși menționa că prezintă unele aspecte mai dificile mai ales în ceea ce privește determinarea gradului de mecanizare, în condițiile formării grupului de mașini-unelte, din mașini de diferite tipuri, la care raportul dintre mersul automat și durata de intervenție a lucrătorului diferă foarte mult, chiar dacă se aplică o corecție coeficientului provizoriu de mecanizare, rezultatele obținute nu scot în evidență eventualele deficiențe de organizare, la dotare cu SDV-uri a mașinilor-unelte, de stabilire corectă a parametrilor procesului tehnologic etc. Totuși, metoda se poate folosi cu rezultate destul de bune îndeosebi la cazurile de deservire a unui număr mai mic de mașini-unelte.

Pentru aplicarea metodei, se va prezenta modul de analiză a unor situații de aplicare practică a polideservirii.

5.5.1. DESERVIREA UNUI GRUP DE 7 MAȘINI DE DANTURAT DE CĂTRE UN SINGUR MUNCITOR

Deoarece organizarea spațială a mașinilor-unelte nu a fost cea mai corespunzătoare, nu s-a ținut seama nici de succesiunea operațiilor, nu s-a asigurat un ciclu de deservire într-un timp optim, în calcule nu s-a luat în considerare timpul de deplasare de la o mașină la alta.

Elementele necesare pentru efectuarea calculului coeficientului de mecanizare, timpul de mașină automat și timpul de intervenție s-au determinat prin cronometrare. Pe baza observațiilor instantanee s-au obținut timpii prezentați în tabelul 5.4.

Coeficientul provizoriu de mecanizare calculat are valoarea $\varphi' = 7{,}66$.

Pentru raportul costurilor, din datele obținute de la întreprindere, s-a obținut $\frac{C_f}{C_e} = 1{,}5$.

Tabelul 5.4

Timpul mediu cronometrat pentru deservirea a 7 mașini-unelte de un muncitor

Mașina nr.	valori medii cronometrate	
	t_f min	t_e min
1	7,0	0,5
2	7,0	0,5
3	12,5	2,5
4	9,5	1,0
5	8,0	1,5
6	8,0	1,5
7	20	2,0
	72,5	9,5

Scanned with OKEN Scanner

Timpul de suprapunere (T_s^a), admițînd $\varphi' = 8$, din tabelul 5.1 va fi pentru numărul de mașini 5—9 cel menționat în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

Valori ale timpului de suprapunere

Nr. mașinii	5	6	7	8	9
T_s^a	6,22	8,46	11,05	14,0	17,3

Avînd aceste date, cu relația 5.56 se obțin reducerile de costuri prin deservirea numărului de mașini considerate. În tabelul 5.6 se prezintă aceste reduceri. Se observă că numărul optim de mașini-unelte este 8, chiar în condițiile concrete în care a fost organizată deservirea.

Tabelul 5.6

Economii realizate la deservirea a 5···9 mașini-unelte

Număr de mașini	T_s^a%	E_c	Observații
5	6,22	0,454	
6	8,46	0,531	
7	11,05	0,584	
8	14,0	0,593	economie maximă
9	17,3	0,445	

Față de situația existentă a poziției mașinilor-unelte (fig. 5.10, *a*) s-a propus o poziționare mai corespunzătoare (fig. 5.10, *b*).

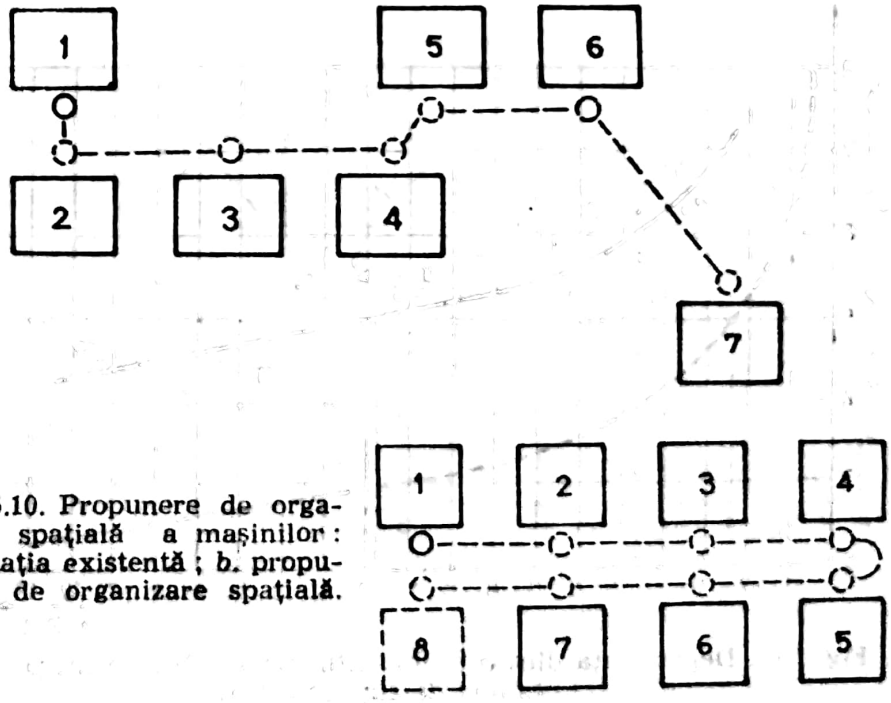


Fig. 5.10. Propunere de organizare spațială a mașinilor: *a.* situația existentă; *b.* propunerea de organizare spațială.

5.5.2. DESERVIREA A 11 MAŞINI DE DANTURAT DE UN COLECTIV DE 10 MUNCITORI REPARTIZAŢI ÎN TREI SCHIMBURI

Pentru deservirea grupului de maşini amplasate aşa cum se arată în fig. 5.11, colectivul de muncitori a fost repartizat pe cele trei schimburi în formaţia : 4 : 3 : 3.

Observaţiile asupra duratei timpilor de intervenţie manuală, de funcţionare a maşinilor şi asupra timpului de suprapunere s-au efectuat pe o durată de 17 zile lucrătoare.

Pe baza datelor culese s-a calculat coeficientul provizoriu de mecanizare φ', luîndu-se în considerare sortimentele de piese prelucrate.

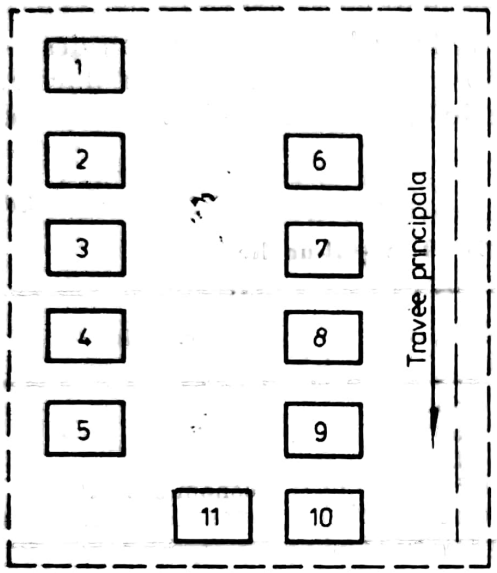


Fig. 5.11. Schema amplasării a 11 maşini de danturat.

Dependenţa dintre timpul de suprapunere şi coeficientul provizoriu de mecanizare se prezintă în fig. 5.12.

Trasarea curbelor $\varphi = f(T_s^a)$ s-a făcut conform legii de variaţie dată în lucrarea [96].

Din examinarea celor două curbe — 1 corespunzătoare datelor din literatură şi 2 curba trasată pe baza datelor corespunzînd cazului luat în studiu — se observă că la acelaşi coeficient provizoriu de mecanizare timpul de suprapunere diferă foarte mult. Această diferenţă se datorează mai multor cauze, între care se poate releva în primul rînd o normare necorespunzătoare a timpilor de maşină şi a timpilor de intervenţie manuală a muncitorilor.

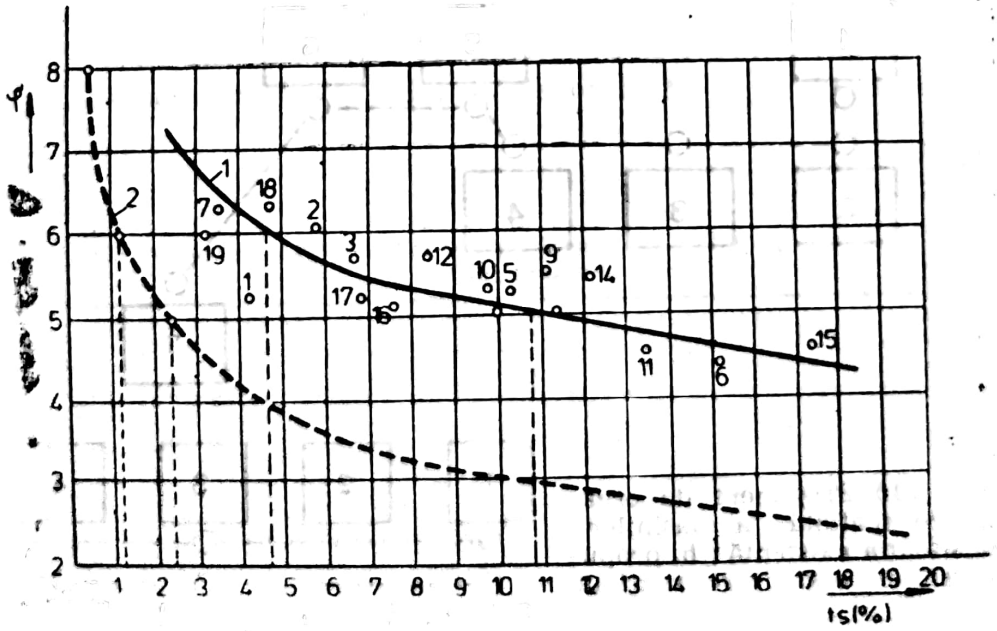


Fig. 5.12. Dependenţa dintre coeficientul provizoriu de mecanizare şi timpul de suprapunere

Scanned with OKEN Scanner

Este de menționat însă faptul că timpul utilizat de colectivul de muncitori atinge valori satisfăcătoare, fiind superior față de curba de comparație, așa după cum se poate observa din reprezentarea timpului de utilizare în funcție de coeficientul provizoriu de mecanizare, fig. 5.13.

Pe de altă parte, s-a constatat deficiența de organizare în desfășurarea procesului de prelucrare, în mod deosebit în ceea ce privește alimentarea mașinilor cu semifabricate, scule ș.a.

De altfel, aceste aspecte reies și din reprezentarea gradului de utilizare al mașinilor. Astfel, în fig. 5.14 se prezintă gradul de utilizare mediu al grupului de mașini. Se constată o variație destul de mare între limitele 0,60 și 0,80, chiar

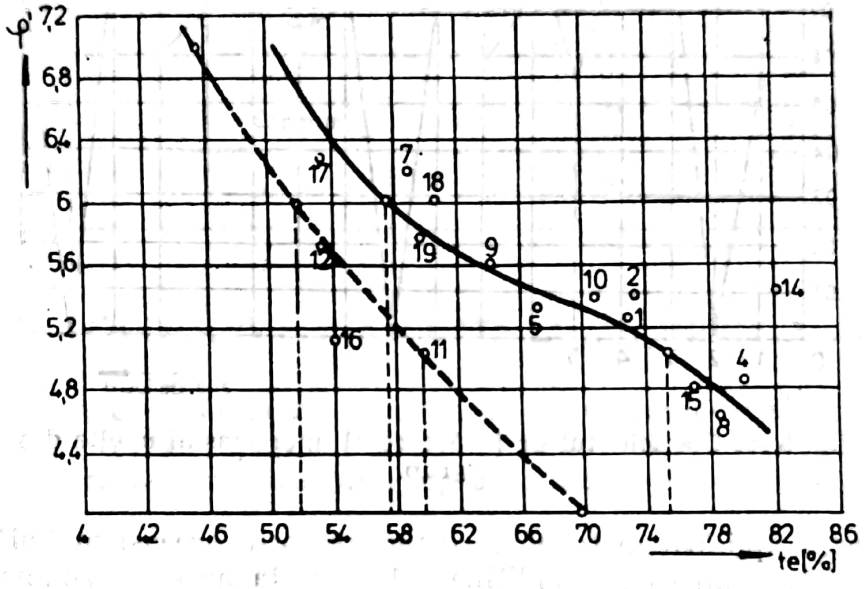


Fig. 5.13. Dependența timpului de deservire (t_e) în funcție de coeficientul provizoriu de mecanizare φ'.

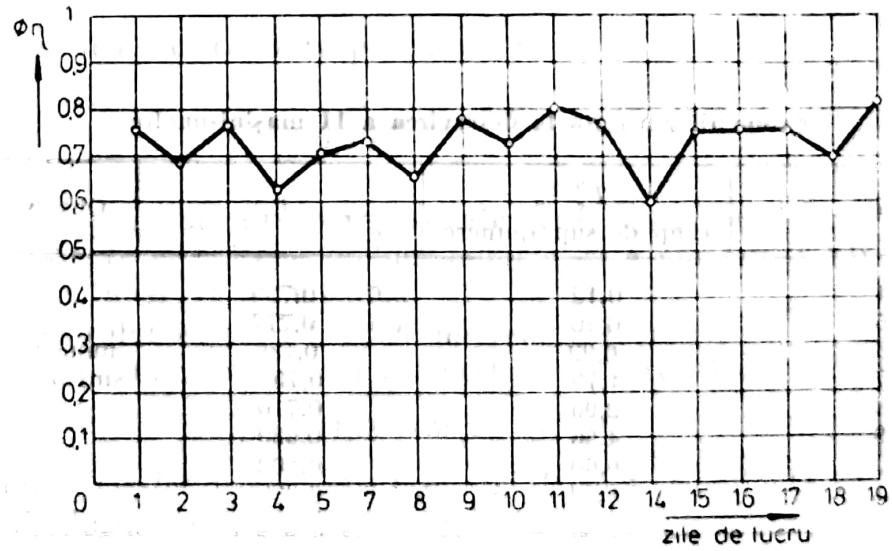


Fig 5.14 VARIATIA COEFICIENTULUI MEDIU DE INCARCARE A GRUPULUI DE MASINI

Fig. 5.14. Coeficientul de încărcare mediu.

Scanned with OKEN Scanner

valoarea medie maximă fiind sub limita indicatorului cerut pentru utilizarea mașinilor-unelte.

Dacă se urmărește gradul de utilizare individual al mașinilor, fig. 5.15, se observă că în anumite zile variația este și mai mare ca urmare a stagnării unor mașini-unelte

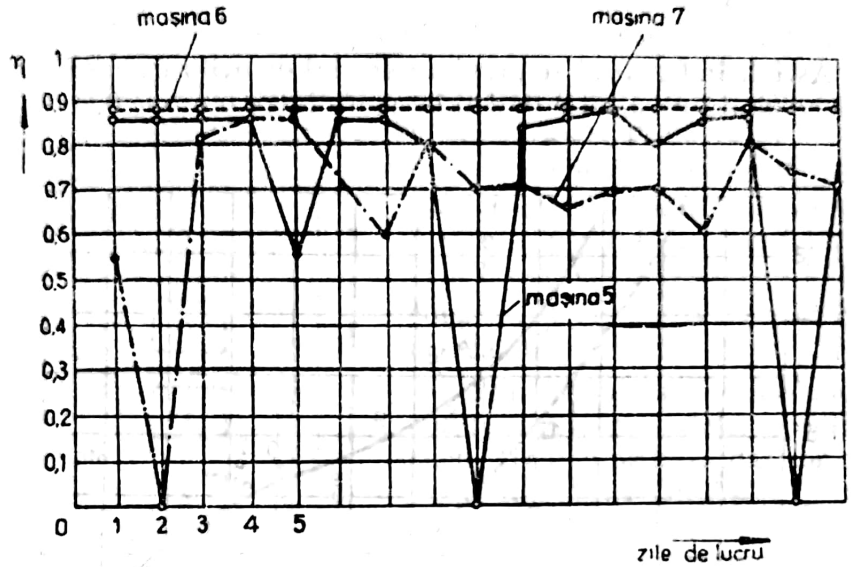


Fig. 5.15. Coeficientul de încărcare al unor mașini-unelte din grup.

Verificarea aplicării metodei de deservire, prin aceeași metodă ca și în cazul precedent, arată că în condițiile date aceasta nu este economică.

Luînd în considerare valoarea coeficientului Q_c=4,86 determinat pe baza costurilor din evidența întreprinderii, s-au efectuat calculele prezentate în tabelul 5.7.

Tabelul 5.7

Economii realizate la deservirea a 11 mașini-unelte

n Număr de mașini	T_s^a % timp de suprapunere	E_c	Observații
4	0,12	0,739	
5	0,40	0,777	
6	0,92	0,786	număr optim de mașini 6
7	1,76	0,753	
8	2,96	0,710	
9	4,56	0,630	
10	6,60	0,502	
11	9,44	0,380	

Din rezultatele obținute se observă că numărul optim de mașini deservite de cei 3 muncitori este 6, deci forma folosită nu conduce la obținerea unei economii maxime.

Scanned with OKEN Scanner

Efectuînd calcule pentru același număr de mașini, care să fie însă deservite pe schimb de 5 muncitori se obțin rezultate din tabelul 5.8. Se constată că în acest caz se pot deservi în condiții îmbunătățite 12 mașini, cu o eficiență economică mai bună.

Tabelul 5.8

Economii realizate la deservirea a 12 mașini-unelte

n Număr de mașini	T_s'% timp de suprapunere	E_e	Observații
8	0,01	0,874	
9	0,02	0,889	
10	0,04	0,899	
11	0,07	0,903	
12	0,11	0,904	numărul optim de mașini 12
13	0,19	0,880	
14	0,26	0,834	
15	0,38	0,821	

5.5.3. POLIDESERVIREA APLICATĂ LA MAȘINI DE DEBITAT

Studiul s-a efectuat la o secție de mecanică mijlocie și ușoară. Pentru debitare s-au prevăzut mașini (ferăstraie) pentru debitat produse laminate. Pentru deservire s-a prevăzut un grup de 3 lucrători, avînd categoria 3-a de retribuție.

Sortimentele de debitat au fost foarte diferite, cantitățile și timpii planificați fiind cei din tabelul 5.9.

Din tabelul 5.9 rezultă :

$$t_M = 34\,085 \text{ minute și } (t_m + t_0) = 20\,836 \text{ minute.}$$

Coeficientul de mecanizare provizoriu va fi

$$\varphi' = \frac{t_f}{(t_e + t_0)} = \frac{34\,085}{20\,836} = 1{,}64.$$

Numărul optim de mașini repartizate spre deservire celor 3 muncitori, din punctul de vedere al cheltuielilor minime, este numărul pentru care economia de cheltuieli va fi maximă.

Pentru calculul economiilor folosim relația (5.56 a).

Cota orară muncitor C_e, din categoria 3-a de retribuire va fi :

$$C_e = 3.11{,}30 = 33{,}90 \text{ lei/oră.}$$

Cota orară mașină pentru cele 6 mașini de debitat obținută de la serviciul de contabilitate este de $C_f = 44{,}07$ lei/oră.

Raportul cheltuielilor $K = \frac{C_f}{C_e} = \frac{44{,}07}{33{,}90} = 1{,}3.$

Rezultatele calculului s-au trecut în tabelul 5.10.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.9

Numărul de sortimente și timpii de mașini și muncitor

Bucăți necesare pe lună	Timp mașină		Timp muncitor	
	pe bucată	pe lună	pe bucată	pe lună
176	6	1 056	4	704
176	6	1 056	4	704
176	10	1 760	6	1 056
88	8	704	4,7	414
88	7	616	4,5	395
176	4,5	792	2,7	475
352	4,5	1 584	2,7	950
44	6	264	4	176
704	4	2 816	2,1	1 478
176	4,5	792	2,7	475
88	5	440	3	264
88	2	176	1,5	132
264	7	1 848	4,2	1 108
352	7,5	2 640	4,8	1 690
176	5	880	3	528
528	5	2 640	3	1 648
528	4,5	2 380	2,7	1 426
176	7	1 232	4,2	738
352	4,5	1 585	2,7	950
88	6	528	3,8	335
528	5	2 640	3,2	1 690
528	5	2 640	3,2	1 690
88	5	440	3,3	290
88	5	440	2,3	264
44	3,5	154	2,2	97
176	4	704	2,6	457
176	5	880	3	528
88	4,5	396	2,7	238
TOTAL		$t_M = 34\,085$ $(t_m + t_0) =$		20 836

Tabelul 5.10

Calculul comparativ al economiilor realizate

Numărul de mașini n	Timpul de staționare t_{sp}	Economia de cheltuieli K
4	0,80	0,733
5	2,7	0,745 maxim deci n_{opt}
6	5,1	0,725
7	8,7	0,67
8	13,8	0,55

Din tabel rezultă că repartiția optimă din punctul de vedere al cheltuielilor minime este de 5 mașini de debitat pentru cei 3 muncitori.

Deci, și aici, ca și în cazul mașinilor de danturat, numărul de mașini rezultat din calcul este mai mic decît cel efectiv utilizat la întreprindere.

Scanned with OKEN Scanner

5.6. UNELE CONSIDERAȚII ASUPRA METODELOR DE ANALIZĂ A CONDIȚIILOR DE APLICARE A POLIDESERVIRII

Introducerea metodei de lucru multipoziţional impune efectuarea unor analize privind procesul de producţie şi structura costurilor.

Aşa cum s-a arătat, condiţiile pentru implementarea metodei se referă la studiul capacităţii de producţie, a forţelor de muncă şi, îndeosebi, la cheltuielile care determină costul producţiei realizate.

În condiţiile deservirii mai multor maşini, prin creşterea numărului de maşini creşte şi timpul de suprapunere T_s^a, ceea ce atrage după sine micşorarea capacităţii de producţie a utilajului, pe de o parte, iar pe de altă parte, sporeşte consumul de energie, cresc de asemenea cheltuielile de exploatare. Existenţa şi altor factori care pot influenţa negativ aplicarea metodei conduce la necesitatea unei atente analize a determinării numărului optim de maşini deservite în condiţiile realizării unor costuri minime.

Una dintre posibilităţile de îndeplinirea acestui deziderat este acela de a se evidenţia economiile ce se pot realiza prin deservirea mai multor maşini, luînd în considerare timpul de suprapunere.

Relaţia care permite exprimarea economiilor, aşa cum s-a mai arătat (5.56 b), are forma

$$E_c = \frac{100}{100+T_s^a}\left(\frac{n-1}{n}\right) - \frac{T_s^a}{100-T_c} Q_c.$$

Din analiza relaţiei se observă că la calculul eficienţei economice intervine raportul C_f/C_e. Acest raport practic nu este constant ; el va avea valori diferite de la o întreprindere la alta. De asemenea, se va modifica prin procesul continuu de înzestrare cu maşini-unelte, respectiv prin gradul de calificare şi prin îmbunătăţirea retribuţiei muncitorilor.

Desigur, prin înzestrarea cu maşini de o mai înaltă tehnicitate, cheltuielile orare pentru maşini cresc şi, în mod normal, creşte şi gradul de mecanizare.

Costurile orare pentru grupele de maşini-unelte sînt determinate şi de numărul de maşini-unelte.

Se remarcă deci că, de fapt, coeficientul Q_c este dependent de mai mulţi factori care, la rîndul lor, sînt variabili în timp. Va fi deci necesar, în condiţiile de aplicare practică, să se urmărească factorii care influenţează această valoare pentru a se putea decide asupra numărului optim de maşini-unelte ce pot fi deservite.

Reprezentarea grafică a dependenţei dintre gradul de mecanizare, numărul de maşini deservite şi coeficientul Q_c, în condiţiile deservirii de către un singur muncitor (fig. 5.16) arată că odată cu creşterea gradului de mecanizare creşte, după cum este şi normal, numărul de maşini ce pot fi deservite, avînd acelaşi coeficient Q_c.

Dacă se ia în considerare o valoare constantă pentru gradul de mecanizare, se observă că prin creşterea lui Q_c, numărul de maşini ce pot fi deservite economic scade. Este însă de observat că peste o anumită valoare, deşi creşte Q_c, numărul optim de maşini ce se pot deservi nu mai creşte. Aceasta se poate explica prin faptul că influenţa timpului de suprapunere va fi tot mai mare.

Scanned with OKEN Scanner

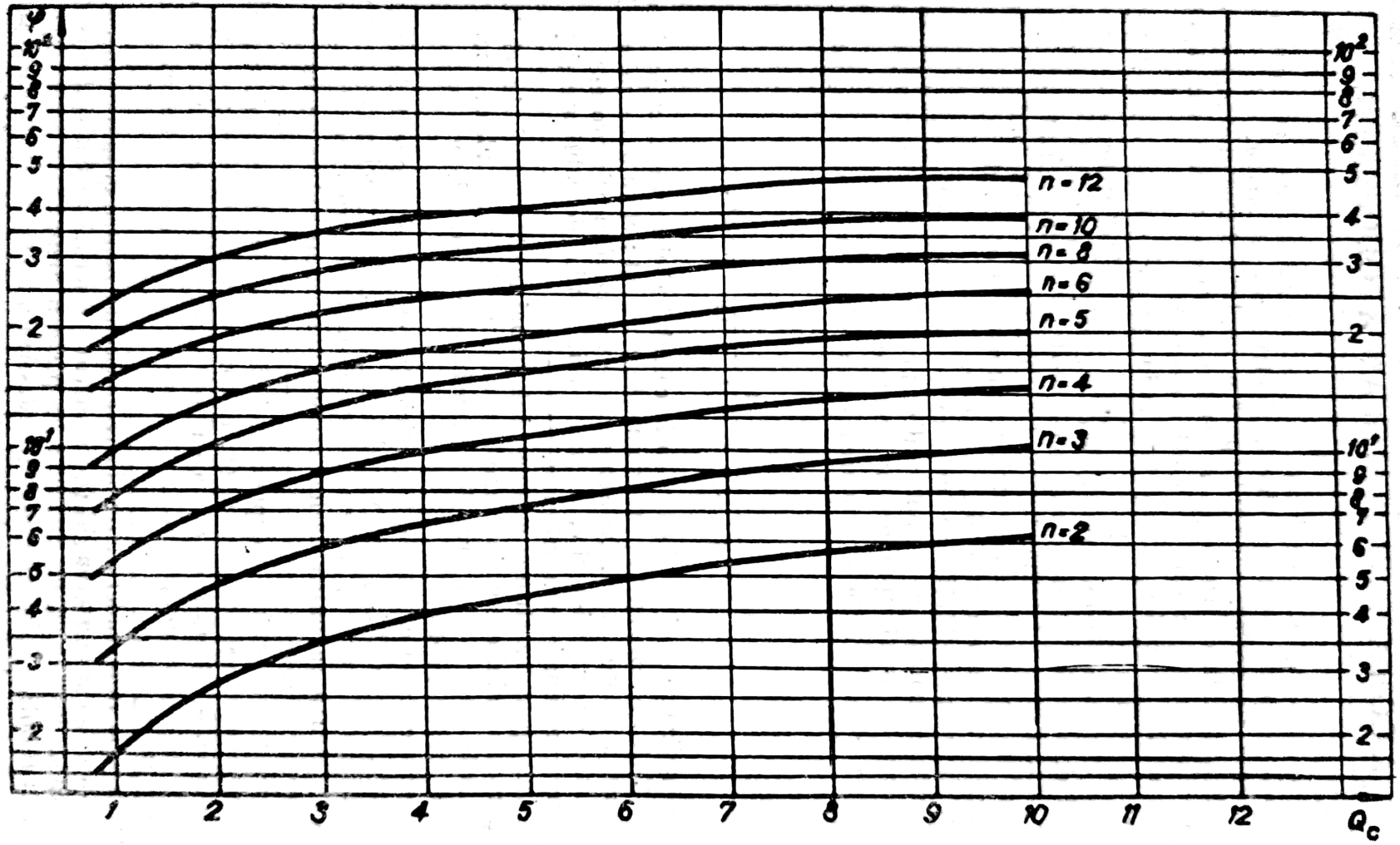


Fig. 5.16. Dependența dintre gradul de mecanizare, numărul de mașini deservite și coeficientul Q_c.

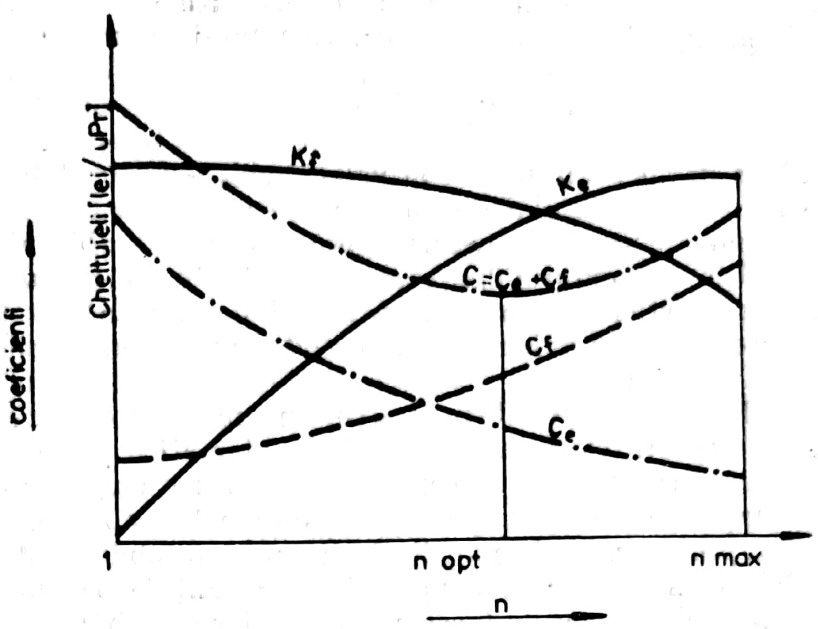


Fig. 5.17. Variația cheltuielilor pe unitate de produs în funcție de numărul de posturi de deservire.

În ceea ce privește costurile pe unitate de produs, acestea variază în funcție de numărul de mașini, așa cum se poate observa din fig. 5.17.

Deoarece, în general, asupra costului pe unitate de produs o importantă influență o are numărul de piese din lotul de prelucrat, este necesar ca și în cazul deservirii mai multor mașini să se determine lotul optim de piese.

Costurile orare pe unitatea de produs, în cazul deservirii unei singure mașini, la prelucrarea unui lot N de piese se pot exprima sub forma

$$C_0=(C_f+C_e)\left(\frac{t_{pi}}{N}+t_f\right)\frac{1}{60},$$

iar pentru cazul deservirii a n mașini sub forma

$$C_0=(C_{fn}^n+C_e)\left(\frac{t_{pi}}{N}+K_{fm}t_f\right)\frac{1}{60},$$

în care:

K_{fm} este un coeficient pentru cazul deservirii mai multor mașini ($K_{fm}<1$).

Pentru determinarea numărului de piese din lot, luînd în considerare cele două valori ale cheltuielilor, se pune condiția de limită, adică $C_e=C_0$, de unde rezultă numărul limită de piese din lot pentru care cheltuielile sînt identice și în consecință peste acest număr de piese în lot nu se vor obține economii

$$N_{lim}=\frac{t_{pi}\,[C_f(n-1)-C_e+C_0]}{t_f\,[C_f(1-nK_f)+C_e-K_fC_0]}=K_e\frac{t_{pi}}{t_f}.$$

Coeficientul K_f are valori determinate de dimensiunea și complexitatea pieselor care se prelucrează și reprezintă de fapt corecția necesară pentru cazurile la care se necesită timp în plus pentru reglarea mașinii și pentru fixarea pieselor pentru prelucrare. Din rezultatele experimentale a mai multor cercetări

s-a constatat că pentru realizarea unei deserviri eficiente, în cazul prelucrării unor loturi de piese, este necesar ca mărimea lotului să fie

$$N_L = \frac{1}{a} N_{itm} .$$

În literatura de specialitate se dau valori pentru a între 0,04 și 0,08, ceea ce înseamnă că mărimea lotului optim, din punct de vedere tehnic, să fie de cca 20—25 ori mai mare decît numărul de piese limită obținute din calcul.

Din exemplele prezentate din studiile efectuate în cadrul mai multor întreprinderi constructoare de mașini au reieșit o serie de dificultăți privind operațiile de pregătire a implementării metodei în cadrul unei întreprinderi constructoare de mașini.

Fie că se folosesc ciclogramele pentru cazurile mai simple, fie că se încearcă optimizarea cu ajutorul expresiilor teoretice matematice sau chiar cu acelea stabilite pe baze experimentale se constată că este necesar a se admite unele considerente simplificatoare sau a se folosi parametri aproximativi. Se mai poate remarca faptul că metodele analizate nu oferă posibilități de a determina toate elementele prin care să se poată asigura condițiile de optimizare.

La introducerea metodei de lucru multipozițional trebuie stabilite condițiile pentru aplicarea metodei luînd în considerare capacitatea de producție, forțele de muncă și, îndeosebi, cheltuielile care determină costul producției.

În general se apreciază că prin mărirea numărului mijloacelor de producție crește volumul produselor. Dar, după cum s-a văzut, în condițiile deservirii mai multor mașini, prin creșterea numărului de mașini crește timpul de suprapunere T_s^a, ceea ce atrage după sine micșorarea capacității de producție a utilajului, în același timp se consumă energia ineficientă, iar cota de amortizare va fi mai mare.

Din aceste influențe contrarii reiese necesitatea stabilirii, printr-o formă corespunzătoare, a numărului optim de mașini-unelte care urmează a fi grupate pentru polideservire.

Punînd condiția de a se realiza un cost minim al procesului de prelucrare, se poate determina care este numărul optim de mașini care pot fi deservite.

Din studiile asupra modului de aplicare a deservirii mai multor mașini în cadrul unor întreprinderi constructoare de mașini se constată că rezultatele nu au condus întotdeauna la dezvoltarea și diversificarea aplicării metodei. Cauzele care au determinat aceste situații sînt multiple și ele pot fi departajate în cauze obiective și cauze subiective.

Între cauzele obiective se poate semnala faptul că modurile de analiză folosite nu au scos în evidență toate aspectele complexe pe care le reprezintă problema.

Referindu-ne la metoda folosită în cadrul studiilor efectuate la întreprinderile constructoare de mașini, din care, în lucrare s-au prezentat exemple, s-au constatat următoarele :

Deși elementele folosite în calcule se bazează pe un număr mare de observații, totuși aceasta, prin modul de determinare, nu poate satisface rezolvarea sub toate aspectele problemele tehnico-economice. Chiar determinarea gradului provizoriu de mecanizare, care, după cum s-a văzut, constituie un factor determinant, nu exprimă sub o formă riguroasă valoarea raportului dintre mersul automat sau fără necesitatea de supraveghere sau intervenție directă a muncitorului în timpul procesului de prelucrare.

Scanned with OKEN Scanner

Este necesar a se menționa însă că prin folosirea gradului provizoriu de mecanizare, în cele mai multe cazuri, aceasta nu prezintă situația de fapt. Pentru obținerea de valori mai apropiate de realitate sînt necesare foarte multe observații instantanee, mai ales în condițiile unui grad de mecanizare mai ridicat și pentru o grupare de mașini cu diferite grade de mecanizare. Pe de altă parte, creșterea dinamică și accentuată a gradului de tehnicitate a mașinilor-unelte și de ridicare a calificării muncitorilor face ca metoda de calcul a numărului de mașini-unelte deservite în condițiile unei eficiențe maxime să devină greoaie și deci să nu mai corespundă.

Rezultatele studiului efectuat, atît la cazurile prezentate în lucrare, cît și la celelalte cazuri, chiar dacă nu pot fi aplicate integral în practică au mai scos în evidență, chiar dacă numai orientativ, o serie de deficiențe și dificultăți privind modul de pregătire a aplicării și de desfășurare a procesului polideservirii.

Între acestea se pot aminti : lipsa unor studii atente privitoare la organizarea producției, amplasarea mașinilor, succesiunea operațiilor, asigurarea posibilităților de supraveghere a mașinilor etc.

În multe cazuri s-au constatat deficiențe privind alimentarea cu piese pentru prelucrat, dotarea cu SDV-uri corespunzătoare ; de asemenea, s-au constatat neajunsuri care se referă la desfășurarea în ansamblu a procesului, întocmirea defectuoasă a documentației tehnologice și îndeosebi a indicării regimurilor de așchiere, a normării corecte a lucrărilor ce se execută.

Desigur, toate aceste deficiențe au condus uneori la obținerea unor rezultate nesatisfăcătoare, motiv pentru care în multe cazuri în loc să se extindă metoda polideservirii, aceasta s-a restrîns sau în multe cazuri a fost abandonată.

În contextul acestor observații se impune a se folosi acei parametrii care să poată exprima obiectiv avantajele reale ce se obțin în urma aplicării acestei metode, care s-a dovedit practic a fi foarte eficientă. Între aceștia, se consideră că expresia gradului de încărcare a mașinilor-unelte, precum și a muncitorilor pot să conducă la o apreciere a avantajelor aplicării polideservirii.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VI

METODE PROPUSE A FI FOLOSITE LA OPTIMIZAREA POLIDESERVIRII

Analizînd metodele folosite pentru studiul organizării și optimizării deservirii mai multor posturi de lucru se constată că ele prezintă unele particularități de aplicare.

La studiul structurii și duratei operațiilor s-a arătat că acestea pot fi:

— operații identice și de aceeași durată;
— operații diferite în structură dar de aceeași durată;
— operații cu durate multiple între ele;
— operații cu durate diferite.

Polideservirea mașinilor care execută operații cu durate diferite prezintă de fapt un caz general, care se poate particulariza în funcție de caracteristicile de prelucrare. În vederea soluționării optime a problemei, trebuie să se țină seama că în procesul de producție se impune asigurarea unei mai largi flexibilități, trebuie să se determine, în vederea reducerii timpilor de staționare, ordinea cea mai favorabilă pentru deservirea mașinilor.

6.1. METODĂ DE STUDIU A ORDINII DE DESERVIRE ÎN CONDIȚII DE OPERAȚII CU DURATE DIFERITE

Pentru studiul acestui aspect se consideră stabilit codul și numărul optim de mașini deservite m_i $(i=\overline{1, n})$.

Se admite că fiecare mașină este mai întîi deservită de executant (e), după care urmează succesiunea de funcționare utilă a mașinii (f). Fluxul de lucru este deci în ordinea $(e) \rightarrow (f)$. Fiecărei mașini deservite (i) i se atașează un vector (t_{ei}, t_{fi}), $(i=\overline{1, n})$, care reprezintă timpul executantului t_e și timpul de funcționare utilă a mașinii t_f. În modelul considerat s-a admis că timpul de trecere al executantului de la o mașină la alta este nul, fiind neglijabil și că nu există nici o restricție privind ordinea de deservire a mașinilor, decît scurtarea timpului de interferență (timpul de așteptare a mașinii).

Scanned with OKEN Scanner

Drept date de intrare se dau timpii de deservire (t_{ei}) și timpii de funcționare utilă (t_{fi}) a mașinii i ($i=\overline{1, n}$), tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Timpi de deservire și funcționare

Mașina nr.	m_1	$m_2 \ldots m_n$
t_{ei}	t_{e1}	$t_{e2} \ldots t_{en}$
t_{fi}	t_{f1}	$t_{f2} \ldots t_{fn}$

Problema constă în determinarea ordinii de deservire și funcționare utilă a mașinilor în așa fel încît timpul total de așteptare al mașinilor polideservite să fie minim.

O prezentare grafică a problemei considerate se poate face ca în fig. 6.1.

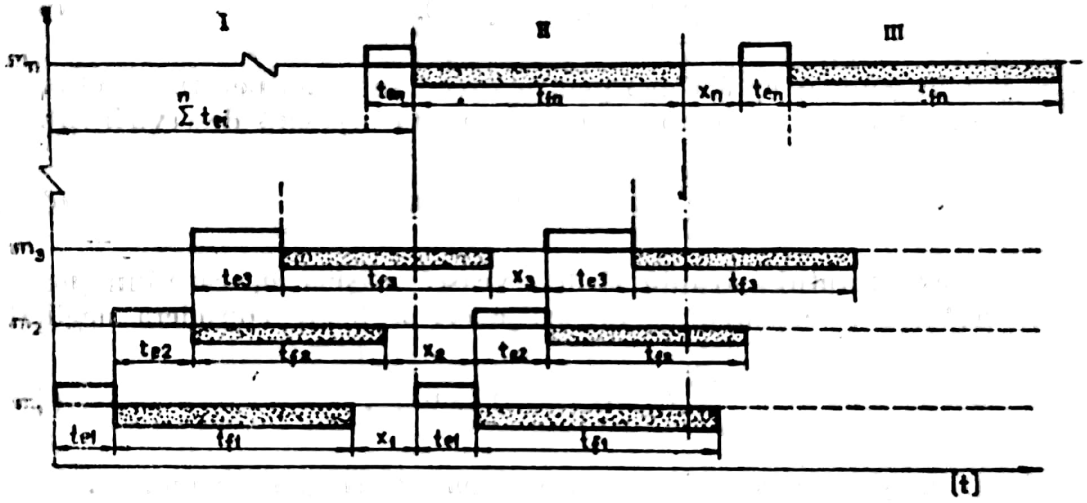


Fig. 6.1. Reprezentarea grafică a problemei.

În acest grafic, în abscisă este reprezentat timpul executantului și de funcționare utilă a mașinilor. Segmentele desenate cu linii duble arată intervalul de timp în care cîte o mașină este deservită de un executant și funcționează util. Logic, mașina m_i nu poate începe funcționarea utilă pînă ce executantul nu a efectuat deservirea mașinii respective.

Se menționează că în același timp executantul poate să deservească numai o singură mașină. După cum se constată din grafic și din practică, în anumite situații pot să apară cazuri cînd atît executantul cît și mașinile au timpi de așteptare.

Dacă se stabilesc momentele de începere a deservirii și funcționarea utilă pentru fiecare mașină, respectînd condițiile mai sus prezentate, atunci s-a realizat o programare admisibilă a polideservirii. Dacă suma timpilor de interferență a mașinilor este minimă, atunci s-a realizat o programare optimă.

Determinarea succesiunii optime a polideservirii se bazează pe următoarea proprietate: dacă avem o succesiune de deservire a mașinilor S_1 și se admite

că se schimbă ordinea de deservire a două mașini, după o anumită regulă, se obține o succesiune diferită S_2. Admițînd că succesiunea S_2 este mai bună decît S_1, atunci după repetarea schimbării de succesiune trebuie să ducă, după un număr finit de etape, la realizarea optimului.

Fie o succesiune de deservire a mașinilor $m_1, m_2, \ldots, m_n$. Notînd cu X_i durata de așteptare a funcționării utile a mașinii m_i, din fig. 6.1 rezultă că după efectuarea deservirii mașinilor m_i $(i=\overline{1, n})$, durata de așteptare pentru mașina m_1 este

$$t_{e1}+t_{f1}+X_1=\sum_{i=1}^{n} t_{ei},$$

de unde

$$X_1=\sum_{i=1}^{n} t_{ei}-(t_{e1}+t_{f1}). \tag{6.1}$$

Din valorile termenilor relației sînt posibile trei cazuri

a. $$\sum_{i=1}^{n} t_{ei}-(t_{e1}+t_{f1})=0. \tag{6.1 a}$$

În acest caz nu sînt așteptări nici pentru executant, nici pentru funcționarea utilă a mașinii m_1 (s-a făcut abstracție de durata necesară deservirii t_{e1}).

b. $$\sum_{i=1}^{n} t_{ei}-(t_{e1}+t_{f1})<0. \tag{6.1 b}$$

În acest caz executantul așteaptă să deservească mașina m_1, care funcționează util, dar costul acestei așteptări de multe ori se poate considera neglijabil.

c. $$\sum_{i=1}^{n} t_{ei}-(t_{e1}+t_{f1})>0. \tag{6.1 c}$$

În acest caz mașina așteaptă, executantul nu are timp de așteptare.

Avînd în vedere aceste trei cazuri, rezultă că timpul de așteptare al funcționării utile a mașinii m_1 este

$$X_1=MAX\left\{\left[\sum_{i=1}^{n} t_{ei}-(t_{e1}+t_{f1})\right];\ 0\right\}. \tag{6.2}$$

Timpul de așteptare pentru mașina m_2 rezultă din lanțul de timpi ai ciclului II și III, pentru mașinile m_1 și m_2, astfel

$$(t_{e1}+t_{f1})+X_1+t_{e1}=X_2+(t_{f2}+t_{e2})+t_{e1}, \tag{6.3}$$

$$X_2=X_1+t_{e1}+(t_{e1}+t_{f1})-\sum_{i=1}^{2} t_{ei}+t_{f2}.$$

X_2 mai poate rezulta și din

$$\sum_{i=1}^{n} t_{ei}+t_{e1}=X_2+(t_{f2}+t_{e2}+t_{e1}),$$

deci

$$X_2 = \sum_{i=1}^{n} (t_{ei} + t_{e1}) - \sum_{i=1}^{2} (t_{ei} + t_{f2}). \tag{6.4}$$

Pe baza rezultatelor analizei celor trei cazuri și a ecuației (6.3) și (6.4) se obține ecuația generalizată a timpului de așteptare pentru mașina m_2, cînd succesiunea deservirii este $m_1 \to m_2$:

$$X_2^{1-2} = \underset{i \in (1,2)}{MAX} \left\{ MAX \left(\left(\sum_{i=1}^{n} (t_{ei} + t_{e1}) ; \left[X_1 + t_{e1} + (t_{e1} + t_{f1}) - \right. \right. \right. \right.$$

$$\left. \left. \left. \left. - \left(\sum_{i=1}^{2} t_{ei} + t_{f2} \right) \right] \right) ; 0 \right\}. \tag{6.5}$$

Timpul de așteptare pentru mașina m_3 în cazul deservirii în succesiunea $m_1 \to m_2 \to m_3$, se obține astfel:

$$t_{e1} + (t_{e2} + t_{f2}) + X_2 + t_{e2} = X_3 + (t_{f3} + t_{e3}) + t_{e2} + t_{e1},$$

de unde

$$X_3 = X_2 + \sum_{i=1}^{2} t_{ei} + (t_{e2} + t_{f2}) - \sum_{i=1}^{3} (t_{ei} + t_{f3}) ; \tag{6.6}$$

sau

$$\sum_{i=1}^{n} t_{ei} + t_{e1} + t_{e2} = X_3 + t_{f3} + t_{e3} + t_{e2} + t_{e1},$$

deci

$$X_3 = \left(\sum_{i=1}^{n} t_{ei} + \sum_{i=1}^{2} t_{ei} \right) - \sum_{i=1}^{3} (t_{ei} + t_{f3}), \tag{6.7}$$

$$i \in \{1, 2\} \qquad i \in \{1, 2, 3\}$$

în final

$$X_3^{1-2-3} = MAX \left\{ MAX \left[\left(\sum_{i=1}^{n} t_{ei} + \sum_{i=1}^{2} t_{ei} \right) ; \quad X_2 + \sum_{i=1}^{2} t_{ei} + (t_{e2} + t_{f2}) - \right. \right.$$

$$\left. \left. - \left(\sum_{i=1}^{3} t_{ei} + t_{f3} \right) \right] ; 0 \right\}. \tag{6.8}$$

$$i \in \{1, 2\} \qquad i \in [1, 2] \qquad i \in \{1, 2, 3\}$$

Prin recurență se obține timpul de așteptare pentru mașina m_k, în ordinea de succesiune a deservirii $S\{1, 2, \ldots, k\}$

$$X_k^{S_k} = MAX \left\{ MAX \left[\left(\sum_{i=1}^{n} t_{ei} + \sum_{i=1}^{k-1} t_{ei} \right) ; \left[X_{k-1} + \sum_{i=1}^{k-1} t_{ei} + \right. \right. \right.$$

$$\left. \left. \left. + (t_{e_{k-1}} + t_{f_{k-1}}) \right] - \left(\sum_{i=1}^{k} t_{ei} + t_{fk} \right) \right] ; 0 \right\}, \tag{6.9}$$

$$S_k \{1, 2, \ldots, k\}, \; i \in S_k.$$

Scanned with OKEN Scanner

Cu relația (6.9) se determină timpul de așteptare a funcționării utile a mașinilor într-o succesiune S_k dată. Așa cum s-a arătat, problema constă în a găsi succesiunea optimă a deservirii a n mașini, satisfăcîndu-se condiția ca timpul total de așteptare a funcționării utile a mașinilor să fie minim.

Problema are caracter combinatorial și constă în a găsi în mulțimea permutărilor a n mașini

$$\{S=[(S_1, S_2); (S_2, S_3), \ldots, (S_{n-1}, S_n)]/1 \leqslant S_1, \ldots, S_n \leqslant n\}, \qquad (6.10)$$

astfel ca una sau mai multe permutări care minimizează expresia :

$$Z(S)=\sum_{k=1}^{n} X_k^{S_k}, \qquad (6.11)$$

reprezintă totalul timpului de așteptare a funcționării utile a mașinilor polideservite.

Pentru rezolvarea acestei probleme se vor folosi algoritmi de tip „Branch and bound" (ramifică și mărginește).

În continuare se prezintă sinteza aplicării algoritmului de tip BB la problema polideservirii mașinilor.

6.2. RAMIFICAREA DE LA UN NOD LA NOI NODURI

Se formează o arborescență plecînd de la un nod inițial Ω, care reprezintă mulțimea celor $n!$ permutări (adică soluții) a celor n mașini polideservite. Nodul inițial Ω se ramifică în n noduri. Fiecare din aceste n noduri reprezintă afectarea în prima succesiune a mașinii i $(\overline{i=1, 0})$, deci nodul Ω se ramifică în n noduri. Un nod intermediar N_k este mulțimea permutărilor parțiale a indicilor mașinilor polideservite $(\overline{i=1, n})$, respectiv permutările în care primii indici $k < n$ sînt aranjați într-o anumită ordine. Pornind din acest nod intermediar N_k, prin ramificarea acestuia se creează $(n-k)$ noduri noi rezultate prin specificarea celui de-al $(k+1)$—lea al permutării dintre cei $(n-k)$ indici a căror poziție nu a fost anterior specificată. Numărul maxim de noduri rezultate prin procesul de ramificare este egal cu

$$1+n+n(n-1)+\ldots+n!$$

6.2.1. STABILIREA MARGINILOR INFERIOARE

Dacă N_k este mulțimea permutărilor indicilor $\overline{i=1, n}$, în care primele k locuri sînt ocupate de o permutare P_k a acestor indici, marginea inferioară a nodului N_k se calculează astfel :

$$Z(S)=\sum_{i=1}^{k} X_k^{S_k}. \qquad (6.12)$$

$$i \in S_k; \; S_k=\{1, 2, \ldots, k\}$$

Scanned with OKEN Scanner

6.2.2. ALEGEREA NODULUI PENTRU NOILE RAMIFICARI

După ce s-a construit nodul inițial Ω al arborescenței, se construiesc cele i noduri ($i=\overline{1, n}$) ale codurilor mașinilor polideservite și cîte un arc (ramificație) corespunzînd succesiunii de polideservire $(0-i)$ ($i=\overline{1, n}$), care are marginea inferioară egală cu durata polideservirii a executantului, practic cele i noduri succesoare nodului inițial au aceeași valoare. Aceste noduri reprezintă primul indice al mașinilor polideservite (m_i) și sînt noduri'e primului nivel. Deoarece la primul nivel toate nodurile au aceeași margine inferioară, de la fiecare nod se ramifică $(m-1)$ indici ai mașinilor polideservite. Pentru fiecare nod de la nivelul doi se calculează timpul de așteptare a funcționării utile a mașinilor polideservite în ordinea primului și al celui de-al doilea indice ; timpul de așteptare a funcționării utile se calculează cu relația (6.9) și se însumează cu timpul de așteptare pentru fiecare nod conform relației (6.12). Se determină valoarea cea mai mică a nodurilor de la nivelul doi. Este posibil ca mai multe noduri să aibă aceeași valoare inferioară (valoarea marginală) ; de la aceste noduri operația de ramificare continuă la nivelul următor cu indicele mașinilor neatribuite pînă în prezent.

Pentru nivelul k, la fiecare nod din acest nivel se calculează, cu relația (6.9), timpul de așteptare a funcționării utile a mașinilor polideservite și suma timpilor de așteptare a ordinei de succesiune a fiecărui nod de la nivelul inițial la nivelul k, care se calculează cu relația (6.12), ceea ce reprezintă marginea inferioară a nodului. Se determină nodul sau nodurile care au valoarea de limită inferioară $w(N_{I_k})$ de la care se continuă ramificarea, iar pentru nodurile care au valoarea $w(N_{L_k})$ superioară

$$w(N_{I_k}) < w(N_{L_k}), \tag{6.13}$$

se taie nodurile (N_{L_k}), ele ne mai generînd noi ramificări.

6.2.3. IDENTIFICAREA UNUI NOD FINAL CARE CONȚINE O SOLUȚIE OPTIMĂ

Un nod final conține soluția optimă dacă marginea sa inferioară asociată lui este mai mică sau cel mult egală cu a tuturor nodurilor de la ultimul nivel.

În cazul polideservirii mașinilor, mai ales cînd există mai multe soluții optimale, este necesar ca procesul ramificării și marginării să se continue pe parcursul a cel puțin trei sau patru cicluri de polideservire. Operațiile sînt necesare, deoarece din cercetările noastre rezultă că stabilizarea șirului de valori ale polideservirii se stabilizează în unele cazuri numai după trei sau patru cicluri ale polideservirii.

În aceste condiții se poate determina ordinea de succesiune a polideservirii optime a mașinilor.

Ordinea de succesiune a deservirii și funcționării utile a mașinilor se trece într-un tabel (6.2), care conține : timpii de așteptare ai executantului și de așteptare a funcționării utile a mașinilor.

În prima coloană se înscrie ordinea de succesiune a deservirii mașinilor în cadrul ciclului c ($c=1, r$).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.2

Ordinea succesiunii deservirii mașinilor

Succesiunea mașinilor m_i (S_k)	$T_{ei_{S_k}}$	$\bar{T}_{ei_{S_k}}$	$T_{fi_{S_k}}$	$\bar{T}_{fi_{S_k}}$	$T^a_{ei_{S_k}}$	$T^a_{fi_{S_k}}$	Observații

Se determină momentul în care se începe deservirea mașinii m_i $(T_{ei_{S_k}})$, conform succesiunii S_k, utilizînd relația

$$T_{ei_{S_k}} = MAX\,[\bar{T}_{e(i-1)_{S_k}};\ \bar{T}_{fi_{S_{k-1}}}], \tag{6.14}$$

În care:

$\bar{T}_{e(i-1)_{S_k}}$ este momentul cînd executantul este liber să deservească mașina i din succesiunea S_k;

$\bar{T}_{fi_{S_{k-1}}}$ este momentul cînd funcționarea utilă a mașinii i s-a terminat în succesiunea S_{k-1}

Momentul începerii funcționării utile a mașinii i din succesiunea S_k $(\bar{T}_{fi_{S_k}})$, rezultă din

$$T_{fi_{S_k}} = \bar{T}_{ei_{S_k}}. \tag{6.15}$$

Durata funcționării utile a mașinii i, în succesiunea S_k este dată de relația

$$\bar{T}_{fi_{S_k}} = T_{fi_{S_k}} + t_{fi}. \tag{6.16}$$

Momentul terminării deservirii mașinii i din succesiunea S_k $(\bar{T}_{ei_{S_k}})$ se obține din relația

$$\bar{T}_{ei_{S_k}} = MAX\,[(\bar{T}_{e(i-1)_{S_k}};\ \bar{T}_{fi_{S_{k-1}}}) + t_{ei}]. \tag{6.17}$$

Timpul de așteptare a executantului la deservirea mașinii i la succesiunea S_k $(T^a_{ei_{S_k}})$ rezultă din

$$T^a_{ei_{S_k}} = MAX\,[(\bar{T}_{fi_{S_{k-1}}} - \bar{T}_{e(i-1)_{S_k}});\ 0]. \tag{6.18}$$

Timpul de așteptare a funcționării utile a mașinii i în cadrul succesiunii S_k este dată de relația

$$T^a_{fi_{S_k}} = MAX\,[(\bar{T}_{e(i-1)_{S_k}} - \bar{T}_{fi_{S_{k-1}}});\ 0]. \tag{6.19}$$

Modul de utilizare a acestui algoritm se va ilustra cu un exemplu:

În tabelul 6.3 se dau duratele de deservire și funcționare utilă a mașinilor. Se cere să se determine succesiunea optimă a polideservirii.

Scanned with OKEN Scanner

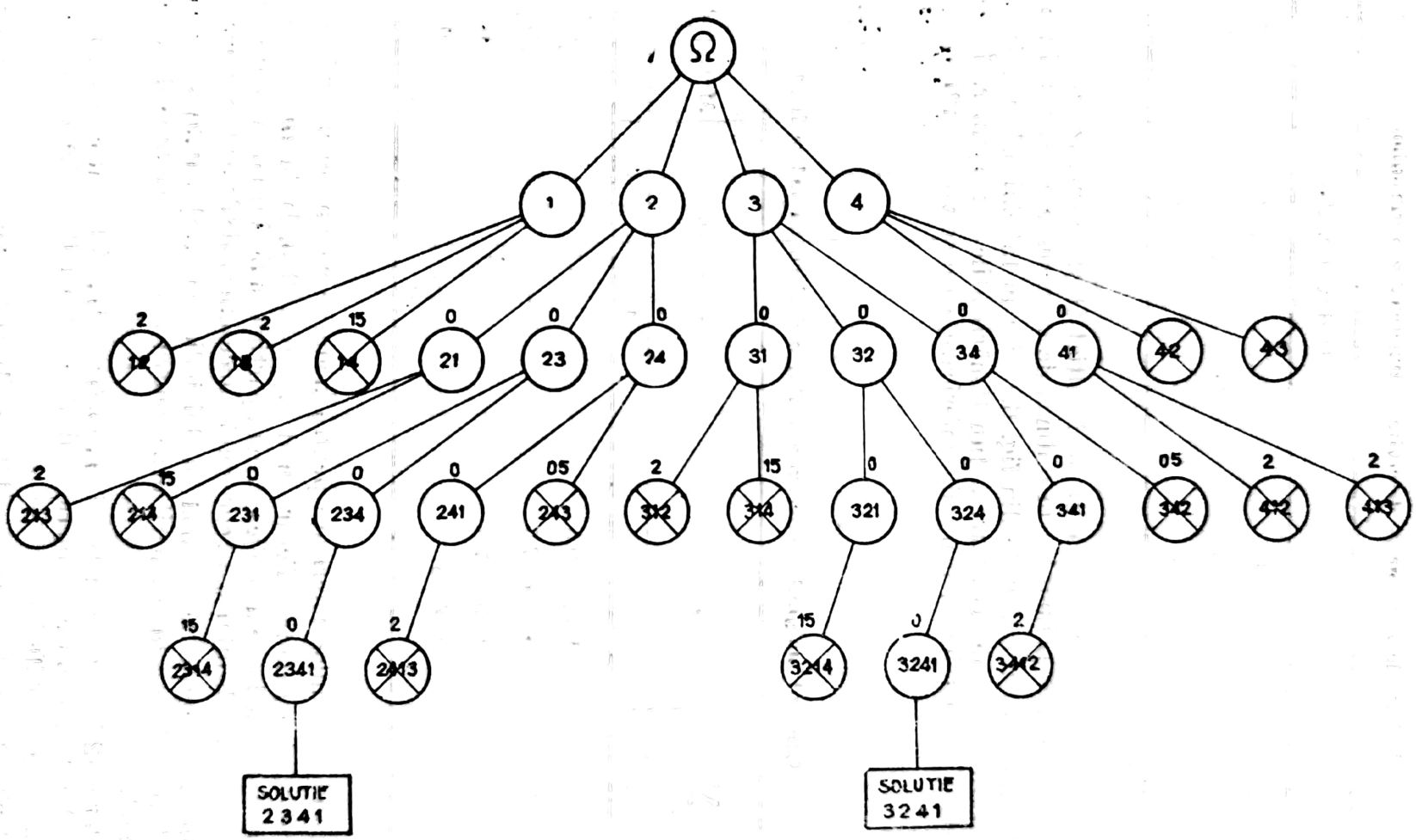


Fig. 6.2. Schema arborescentă pentru exemplul considerat.

Tabelul 6.3

Valori ale timpilor de deservire şi funcţionare a maşinilor

	Matricea timpilor			
m_i	1	2	3	4
t_{ei}	1,5	0,5	2	2
t_{fi}	8	7	5,5	6

Pasul 1 — se pleacă de la un nod iniţial Ω şi se creează patru noduri $N_{1,2,3,4}$, care indică primul loc în ordinea de succesiune a deservirii maşinilor m_i $(i=\overline{1,4})$, după cum se vede din fig. 6.2; iar în tabelul 6.4 cu relaţia (6.2) se calculează timpii de aşteptare a funcţionării utile a maşinilor. În coloana 5 a tabelului se marchează marginile inferioare, care se vor ramifica în continuare.

Tabelul 6.4

Calculul marginilor inferioare pentru noduri cu un indice fixat

Nodul i	$\sum_{i=1}^{n} t_{ei}$	$t_{ei}+t_{fi}$	$t_{ei}-t_{ei}+t_{fi}$	*Max.* {col. 5 ; 0}
1	2	3	4=2—3	5
1	6	1,5+8=9,5	—3,5	0
2	6	0,5+7=7,5	—1,5	0
3	6	2+5,5=7,5	—1,5	0
4	6	2+6=8	—2	0

Calculul marginilor inferioare pentru nodurile cu un singur indice fixat:

Pasul 2 — se ramifică fiecare nod N_i $(i=1, 2, 3, 4)$ în $(n-1)=4-1=3$ noduri, astfel ca indicele al doilea să nu aparţină indicelui iniţial. Cei doi indici din coloana 1 a tabelului 6.5 reprezintă succesiunea de deservire a maşinilor.

Pasul 3 — pentru fiecare nod cu doi indici cu relaţia (6.9) se calculează timpul de aşteptare a funcţionării utile pentru fiecare succesiune dată (pentru fiecare nod).

Nodurile (2,1); (2,3); (2,4); (3,1); (3,2); (3,4); (4,1) sînt cu valori minime ale timpului de aşteptare a funcţionării utile a maşinilor (sînt nule), deci sînt apte pentru noi ramificări.

Nodurile (1,2); (1,3); (1,4); (4.2); (4.3) se taie, nefiind apte pentru noi ramificări.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.5

Calculul marginilor inferioare pentru nodurile cu doi indici fixați

Succesiunea S_k	X_{k-1}	$\sum_{\substack{i=1 \\ (i \in S_k)}}^{k-1} t_{ei}$	$t_{ek-1}+t_{fk-1}$		$\sum_{\substack{i=1 \\ (i \in S_k)}}^{k} t_{ei}$	t_{fk}			$X_k^{S_k}=MAX$ (col.9 ; 0)
1	2	3	4	5=2+3+4	6	7	8+6+7	9=5—8	10
1,2	0	1,5	1,5+8=9,5	11	1,5+0,5=2	7	9	2	2
1,2	0	1,5	9,5	11	1,5+2=3,5	5,5	9	2	2
1,4	0	1,5	9,5	11	1,5+2=3,5	6	9,5	1,5	1,5
2,1	0	0,5	0,5+7=7,5	8	0,5+1,5=2	8	10	—2	0
2,3	0	0,5	7,5	8	0,5+2=2,5	5,5	8	0	0
2,4	0	0,5	7,5	8	0,5+2=2,5	6	8,5	—0,5	0
3,1	0	2	2+5,5=7,5	9,5	2+1,5=3,5	8	11,5	—2	0
3,2	0	2	7,5	9,5	2+0,5=2,5	7	9,5	0	0
3,4	0	2	7,5	9,5	2+2=4	6	10	—0,5	0
4,1	0	2	2+6=8	10	2+1,5=3,5	8	11,5	—1,5	0
4,2	0	2	8	10	2+0,5=2,5	7	9,5	0,5	0,5
4,3	0	2	8	10	2+2=4	5,5	9,5	0,5	0,5

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.6

Calculul marginilor inferioare pentru nodurile cu trei indici fixaţi

Succesiunea S_k	X_{k-1}	$\sum_{\substack{i=1 \\ (i \in S_k)}}^{k-1}$	$t_{ei_{k-1}} + t_{fk-1}$	$\sum_{\substack{i=1 \\ (i \in S_k)}}^{k} t_{ei}$	t_{fk}		$X_k^{S_k} = MAX$ (col. 9 ; 0)	
1	2	3	4	5=2+3+4	6	7	8=6+7	9=5—8	10
2.1.3	0	0,5+1,5=2	1,5+8=9,5	11,5	4	5,5	9,5	2	2
2.1.4	0	2	9,5	11,5	4	6	10	1,5	1,5
2.3.1	0	0,5+2+2=2,5	2+5,5=7,5	10	4	8	12	—2	$\overline{\underline{\lvert 0 \rvert}}$
2.3.4	0	2,5	7,5	10	4,5	6	10,5	—0,5	$\overline{\underline{\lvert 0 \rvert}}$
2.4.1	0	4	8	12	5,5	8	13,5	—1,5	$\overline{\underline{\lvert 0 \rvert}}$
2.4.3	0	4,5	8	12,5	6,5	5,5	12	0,5	0,5
3.1.2	0	3,5	9,5	13	4	7	11	2	2
3.1.4	0	3,5	9,5	13	5,5	6	11,5	1,5	1,5
3.2.1	0	2,5	7,5	10	4	8	12	—2	$\overline{\underline{\lvert 0 \rvert}}$
3.2.4	0	2,5	7,5	10	4,5	6	10,5	—0,5	$\overline{\underline{\lvert 0 \rvert}}$
3.4.1	0	4	8	12	5,5	8	13,5	—1,5	$\overline{\underline{\lvert 0 \rvert}}$
3.4.2	0	4	8	12	4,5	7	11,5	0,5	0,5
4.1.2	0	3,5	9,5	13	4	7	11	2	2
4.1.3	0	3,5	9,5	13	5,5	5,5	11	2	2

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.7

Calculul marginilor inferioare pentru nodurile cu patru indici fixaţi

Succesiunea S_k	X_{k-1}	$\sum_{\substack{i=1 \\ (i \in S_k)}}^{k-1} t_{ii}$	$t_{ik-1}+t_{jk-1}$	5=2+3+4	$\sum_{\substack{i=1 \\ (i \in S_k)}}^{n} t_{ii}$	t_{jk}	8=6+7	9=5—8	$X_k^{S_k}=MAX$ (col. 9; 0)
1	2	3	4	5=2+3+4	6	7	8=6+7	9=5—8	10
2.3.1.4	0	4	9,5	13,5	6	6	12	1,5	1,5
2.3.4.1	0	4,5	8	12,5	6	8	14	—1,5	[0]
2.4.1.3	0	4	9,5	13,5	6	5,5	11,5	2	2
3.2.1.4	0	4	9,5	13,5	6	6	12	1,5	1,5
3.2.4.1	0	4,5	8	12,5	6	8	14	—1,5	[0]
3.4.1.2	0	5,5	9,5	15,0	6	7	13	2	2

Pasul 4 — nodurile rămase se ramifică pentru cel de-al treilea indice (cea de-a treia maşină din succesiunea deservirii); fiecare nod se ramifică în $(n-2)=(4-2)=2$ noduri, astfel ca acest indice să nu aparţină indicilor precedenţi deja alocaţi. Calculele se sistematizează în tabelul 6.6, identic cu pasul 3. Calculăm timpii de aşteptare a funcţionării utile a maşinilor şi identificăm nodurile cu marginea cea mai mică inferioară.

Nodurile (2, 3, 1); (2, 3, 4); (2, 4, 1); (3, 2, 1); (3, 2, 4); (3, 4, 1) au marginile de valoare inferioară; de la acestea se execută noi ramificări, restul nodurilor se taie.

Pasul 5 — fiecare nod rămas apt de la pasul 4 se ramifică în $(n-3)$ noduri $=4-3=1$ nod, astfel ca ultimul indice a fiecărui nod să nu aparţină indicilor deja alocaţi. Calculele se efectuează ca la pasul 3 şi sînt sistematizate în tabelul 6.7.

Nodurile (2, 3, 4, 1); (3, 2, 4, 1) sînt valorile minime a marginilor inferioare, iar restul nodurilor se taie.

Pasul 6 — este de decizie finală. Se cercetează dacă lista de succesiuni din pasul 5 s-a terminat; în acest caz calculele se opresc, succesiunile de deservire rezultate la pasul 9 sînt optimale. Dacă lista nu s-a terminat, se cercetează nodurile rămase, în scopul obţinerii unor succesiuni cu o margine inferioară mai mică sau pentru obţinerea soluţiei optime.

Scanned with OKEN Scanner

Pasul 7 — se programează succesiunile optime de deservire a maşinilor pentru care se utilizează relaţiile (6.14)...(6.19), din care rezultă momentul de începere şi terminare a deservirii, momentul de începere şi terminare a funcţionării utile şi durata de aşteptare a executantului şi a funcţionării utile a maşinilor.

Pentru succesiunea de deservire (3, 2, 4, 1) calculele sînt sistematizate în tabelul 6.8, iar pentru succesiunea (2, 3, 4, 1) în tabelul 6.9.

Din tabelul 6.8 rezultă : stabilizarea şirului timpilor de aşteptare începînd cu ciclul 5, care pentru executant are 3, 5 unităţi de timp şi pentru funcţionarea utilă a maşinilor totalizează 5,5 unităţi de timp.

Timpul de aşteptare a executantului pentru soluţia optimă rezultă din relaţia

$$T_e^a = T^c - \sum_{i=1}^{n} t_{ei}.$$

Se înlocuiesc cu datele exemplului prezentat

$T_e^a = (1{,}5+8)-(1{,}5+0{,}5+2+2)=3{,}5$ unităţi de timp ;

Timpul de aşteptare a funcţionării utile a maşinilor, pentru soluţia optimă, rezultă din relaţia

$$T_{fi}^a = T^c - (t_{ei}+t_{fi}),$$

care pentru exemplul dat va fi

$$T_{f1}^a = (1{,}5+8)-(0{,}5+7)=2$$

$$T_{f2}^a = (1{,}5+8)-(2+5{,}5)=2$$

$$T_{f3}^a = (1{,}5+8)-(2+6)=1{,}5$$

$$\sum T_{fi}^a = 5{,}5 \text{ unităţi de timp,}$$

Comparînd datele rezultate din tabelul 6.8, cu cele calculate rezultă că succesiunea de deservire (3, 2, 4, 1) este optimă.

Din modelul de analiză cercetat se reţine faptul că această formă oferă posibilitatea soluţionării în condiţii bune a problemei deservirii mai multor locuri de muncă de un executant. Se constată că volumul de calcul se poate realiza mai uşor ca urmare a folosirii metodei de BB menţionate, adică ramificare şi mărginire.

În cadrul lucrării se propune folosirea metodei potenţialelor pentru rezolvarea în condiţii optime a deservirii, asigurîndu-se un înalt grad de utilizare a maşinilor în acelaşi timp cu folosirea optimă a timpului executantului.

Metoda potenţialelor aplicată în locul graficului Gantt dă posibilitatea folosirii în condiţii mai bune a calculelor matematice. Se creează şi posibilitatea de a se folosi calculatoarele electronice în cazul unor aplicări practice la care volumul de calcul este mult mai laborios.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.8

Programarea deservirii mașinilor m_1, m_2, m_3, m_4 în succesiunea (3, 2, 4, 1)

Succesiunea deservirii mașinilor (S_k)	$T_{e_{t_{S_k}}}$	$\overline{T}_{e_{t_{S_k}}}$	$T_{f_{t_{S_k}}}$	$\overline{T}_{f_{t_{S_k}}}$	$T^a_{e_{t_{S_k}}}$	$T^a_{f_{t_{S_k}}}$	Observații
3	0	2,0	2,0	7,5	—	—	
2	2	2,5	2,5	9,5	—	—	
4	2,5	4,5	4,5	10,5	—	—	Terminat
1	4,5	6,0	6,0	14,0	—	—	ciclul 1
3	7,5	9,5	9,5	15,0	1,5	—	
2	9,5	10,0	10,0	17,0	—	—	
4	10,5	12,5	12,5	18,5	0,5	—	Terminat
1	14,0	15,5	15,5	23,5	1,5	—	ciclul 2
3	15,5	17,5	17,5	23,0	—	0,5	
2	17,5	18,0	18,0	25,0	—	0,5	
4	18,5	20,5	20,5	26,5	0,5	—	Terminat
1	23,5	25,0	25,0	33,0	3,0	—	ciclul 3
3	25,0	27,0	27,0	32,5	—	2,0	
2	27,0	27,5	27,5	34,5	—	2,0	
4	27,5	29,5	29,5	35,5	—	1,0	Terminat
1	33,0	34,5	34,5	42,5	3,5	—	ciclul 4
3	34,5	36,5	36,5	42,0	—	2,0	
2	36,5	37,0	37,0	44,0	—	2,0	
4	37,0	39,0	39,0	45,0	—	1,5	Terminat
1	42,5	44,0	44,0	52,0	3,5	—	ciclul 5
3	44,0	46,0	46,0	51,5	—	2,0	
2	46,0	46,5	46,5	53,5	—	2,0	
4	46,5	48,5	48,5	54,5	—	1,5	Terminat
1	52,0	53,5	53,5	61,5	3,5	—	ciclul 6

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6. 9

Programarea deservirii mașinilor m_1, m_2, m_3, m_4 în succesiunea (2, 3, 4, 1)

Succesiunea deservirii mașinilor (S_k)	$T_{e_{t_{S_k}}}$	$\overline{T}_{e_{t_{S_k}}}$	$T_{l_{t_{S_k}}}$	$\overline{T}_{l_{t_{S_k}}}$	$T^a_{e_{t_{S_k}}}$	$T^a_{l_{t_{S_k}}}$	Observații
2	0	0	0,5	7,5	—	—	
3	0,5	2,5	2,5	8,5	—	—	
4	2,5	4,5	4,5	10,5	—	—	Terminat
1	4,5	6,0	6,0	14,0	—	—	ciclul 1
2	7,5	8,0	8,0	15,0	1,5		
3	8,0	10,0	10,0	15,5	—	—	
4	10,5	12,5	12,5	18,5	0,5	—	Terminat
1	14,0	15,5	15,5	23,5	1,5	—	ciclul 2
2	15,5	16,0	16,0	23,0	—	0,5	
3	15,5	17,5	17,5	23,0	—	0,5	
4	18,5	20,5	20,5	26,5	0,5	—	Terminat
1	23,5	25,0	25,0	33,0	3,0	—	ciclul 3
2	25,0	25,5	25,5	32,5	—	2,0	
3	25,5	27,5	27,5	33,0	—	2,0	
4	27,5	29,5	29,5	35,5	—	1,0	Terminat
1	33,0	34,5	34,5	42,5	3,5	—	ciclul 4
2	34,5	35,0	35,0	42,0	—	2,0	
3	35,0	37,0	37,0	42,5	—	2,0	
4	37,0	39,0	39,0	45,0	—	1,5	Terminat
1	42,5	44,0	44,0	52,0	3,5	—	ciclul 5
2	44,0	44,5	44,5	51,5	—	2,0	
3	44,5	46,5	46,5	52,0	—	2,0	
4	46,5	48,5	48,5	54,5	—	1,5	Terminat
1	52,0	53,5	53,5	61,5	3,5	0,0	ciclului 6
2	53,5	54,0	54,0	61,0	—	2,0	
3	54,0	56,0	56,0	61,5	—	2,0	
4	56,0	58,0	58,0	64,0	—	1,5	Terminat
1	61,5	63,0	63,0	71,0	3,5	—	ciclul 7
2	63,0	63,5	63,5	70,5	—	2,0	
3	63,4	65,5	65,5	71,0	—	2,0	
4	65,5	67,5	67,5	73,5	—	1,5	Terminat
1	71,0	72,5	72,5	80,5	3,5	—	ciclul 8

Scanned with OKEN Scanner

6.2.4. ELABORAREA UNEI SCHEME LOGICE ŞI A PROGRAMULUI PENTRU CALCULATOR

Din exemplul prezentat se constată că pentru rezolvarea problemei sînt necesare operaţii manuale destul de laborioase. La aplicarea polideservirii la un număr mai mic de maşini, metoda ar putea fi acceptată. Dacă însă numărul de maşini-unelte care urmează să formeze grupa de deservire este mai mare, atunci calculele devin mai dificile. Pentru rezolvarea mai rapidă a calculelor în astfel de situaţii s-a elaborat un program şi schema logică pentru un calculator Felix 256.

6.2.4.1. SCHEMA LOGICA

Schema logică se prezintă în figurile 6.3, $S_1 \ldots S_{17}$.

6.2.4.2. DESCRIEREA DATELOR UTILIZATE DE PROGRAM

Datele de intrare care reprezintă numărul total de maşini deservite, timpii de funcţionare utilă a maşinii şi timpii de deservire se vor citi de pe cartele perforate.

FCART — este numele fişierului de cartelă cu zona articol;

CARTELA — are următoarea machetă :

UTIL — un cîmp compus care se repetă de 6 ori şi are subcîmpurile :

— NRMAS — 2 poziţii numerice şi reprezintă numărul de maşini

— TIMPEX — 2 poziţii întregi cu două zecimale este timpul executantului;

— TIMPFUNCT — 2 poziţii întregi şi două zecimale, reprezintă timpul de funcţionare utilă.

Programul este conceput pentru cel mult 6 maşini, deoarece s-a constatat că în industria constructoare de maşini un muncitor deserveşte cel mult 6 maşini. De pe o cartelă parametru CART-PARAM se preia numărul total de maşini deservite, zona respectivă NRTOTMAS avînd o poziţie numerică. Programul este format din două părţi: în prima parte, conform algoritmului stabilit, se calculează marginile inferioare pentru nodurile fixate, în final găsindu-se unul sau mai multe soluţii. Rezultatul acestor calcule se tipăreşte la imprimantă în felul următor :

ARTTABEL — subcîmpurile :

— NRNIV — numărul de nivel al nodului şi ocupă o poziţie numerică ;

— NODURI — o poziţie numerică, cîmpul se repetă de un număr variabil de ori egal cu numărul total de maşini. Aici se păstrează succesiunea de maşini găsită corespunzătoare nivelului ;

— XKANT — ocupă 3 poziţii întregi şi două zecimale şi reprezintă timpul de aşteptare anterior al utilajului în succesiunea dată ;

Scanned with OKEN Scanner

Schema 1.

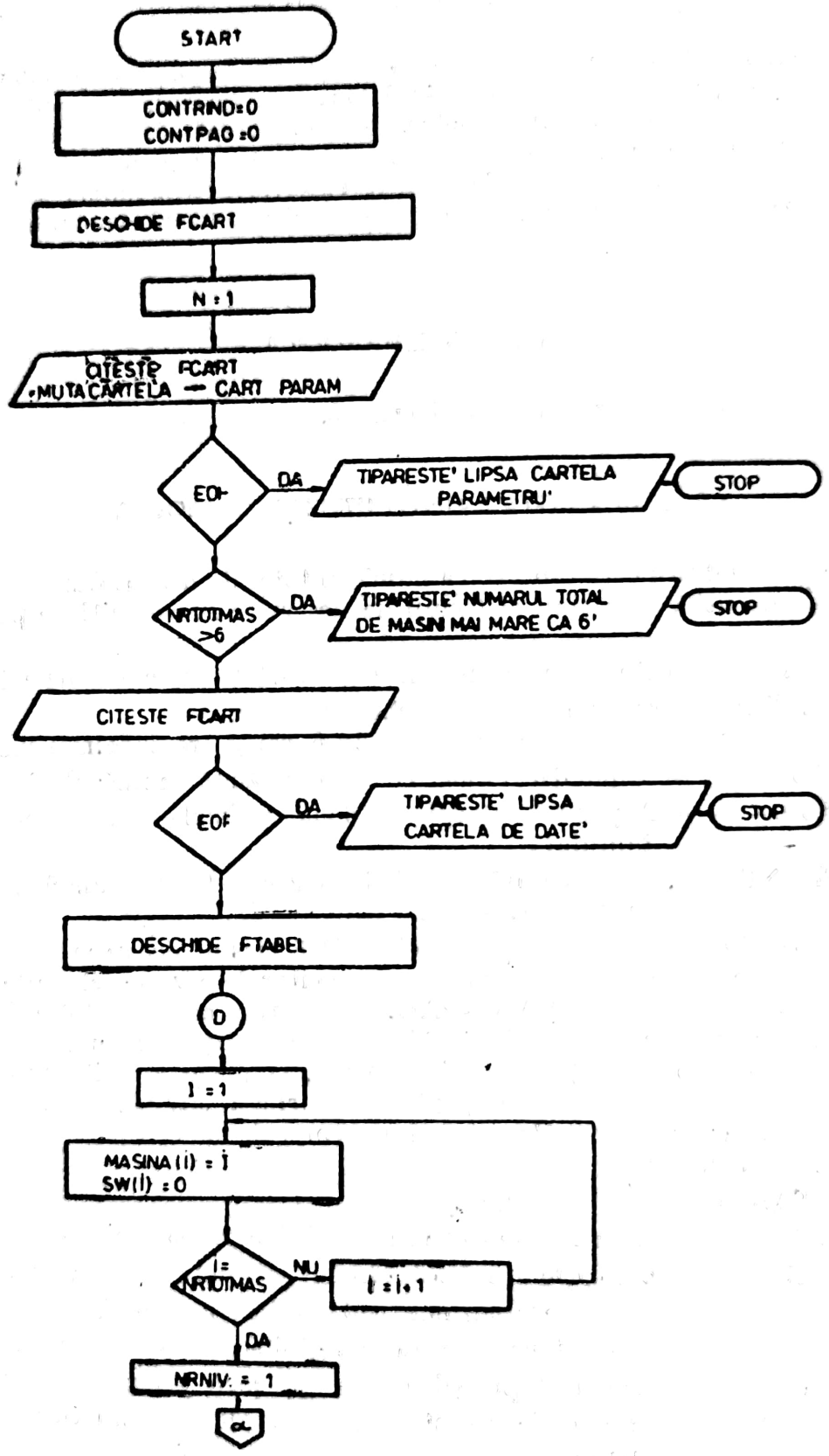
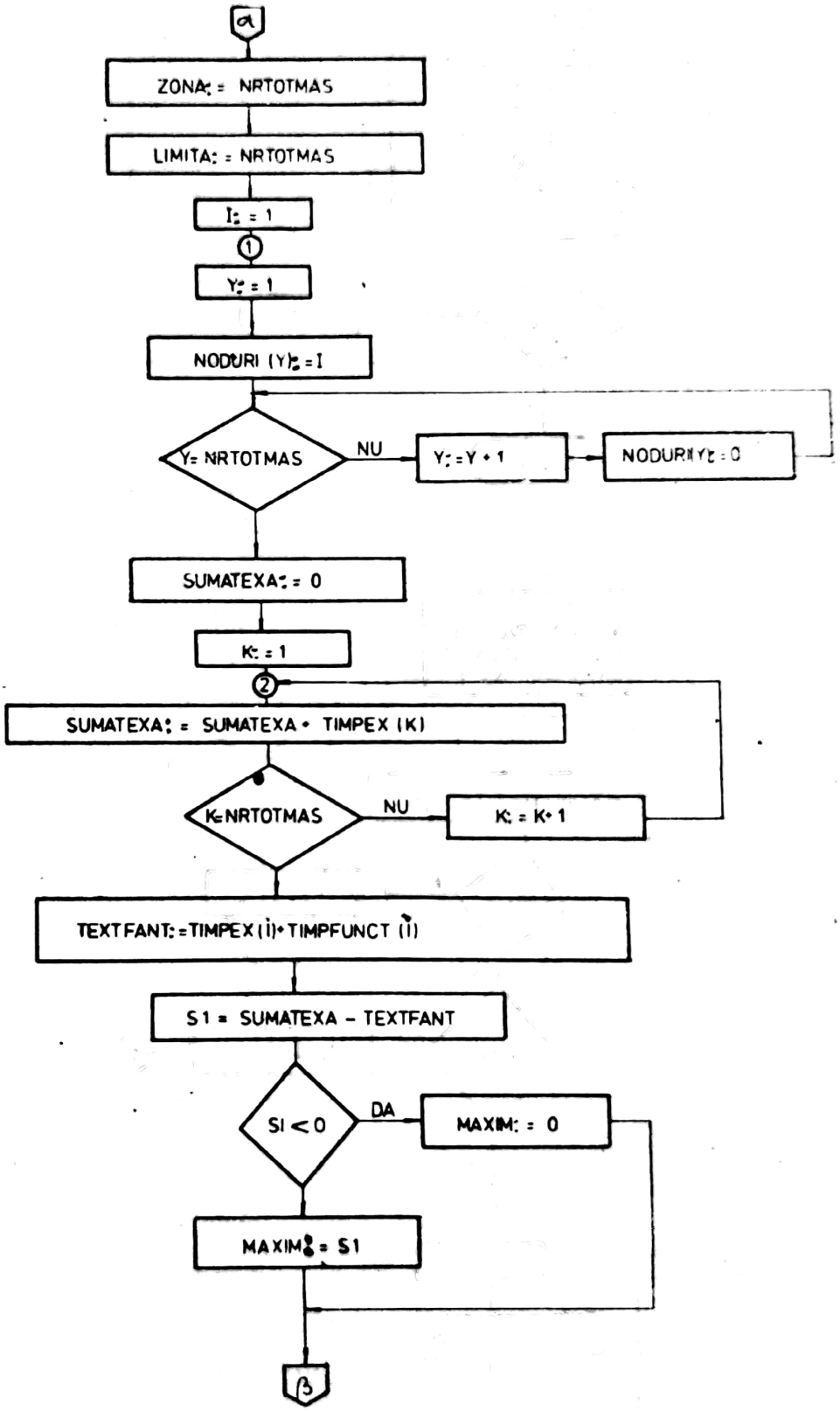


Fig. 6.3. Schema logică $S_1 \ldots S_{17}$

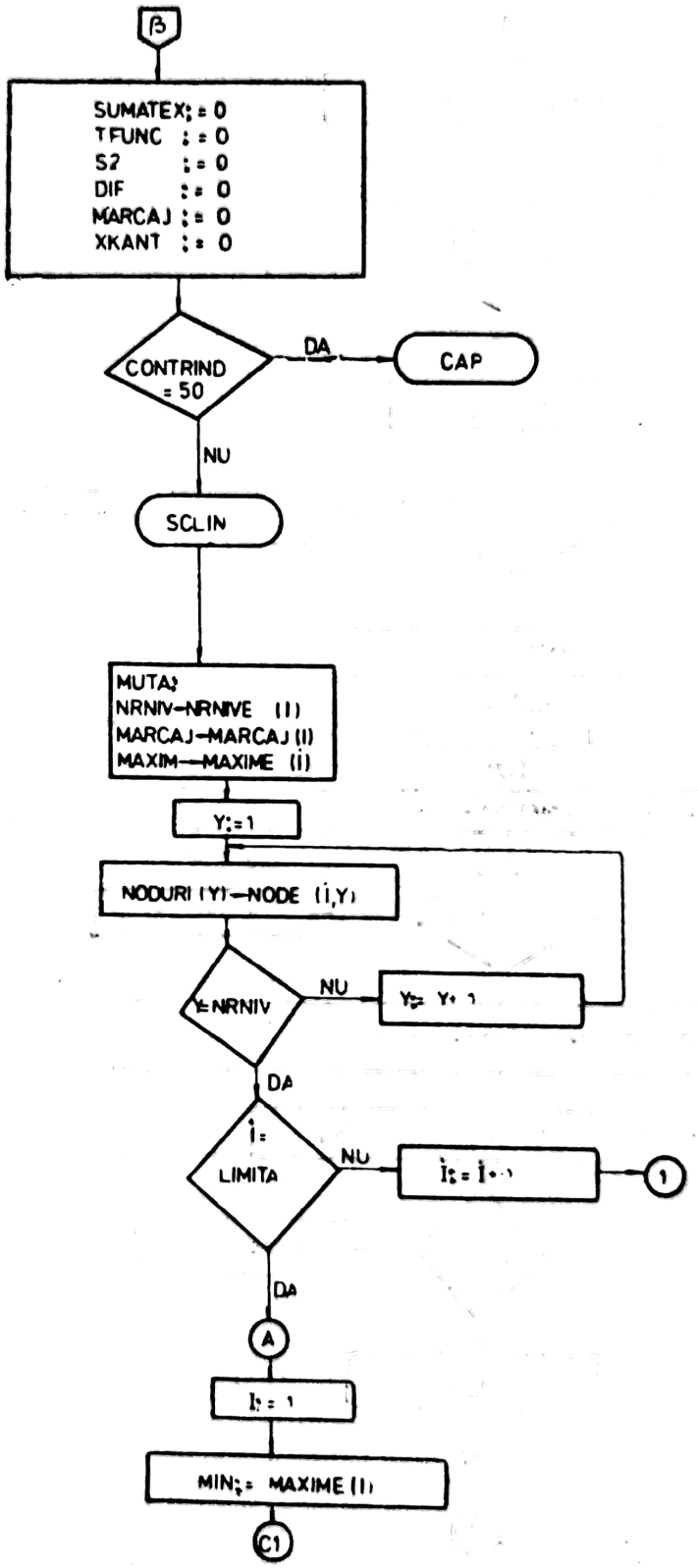
Scanned with OKEN Scanner

Schema 2.



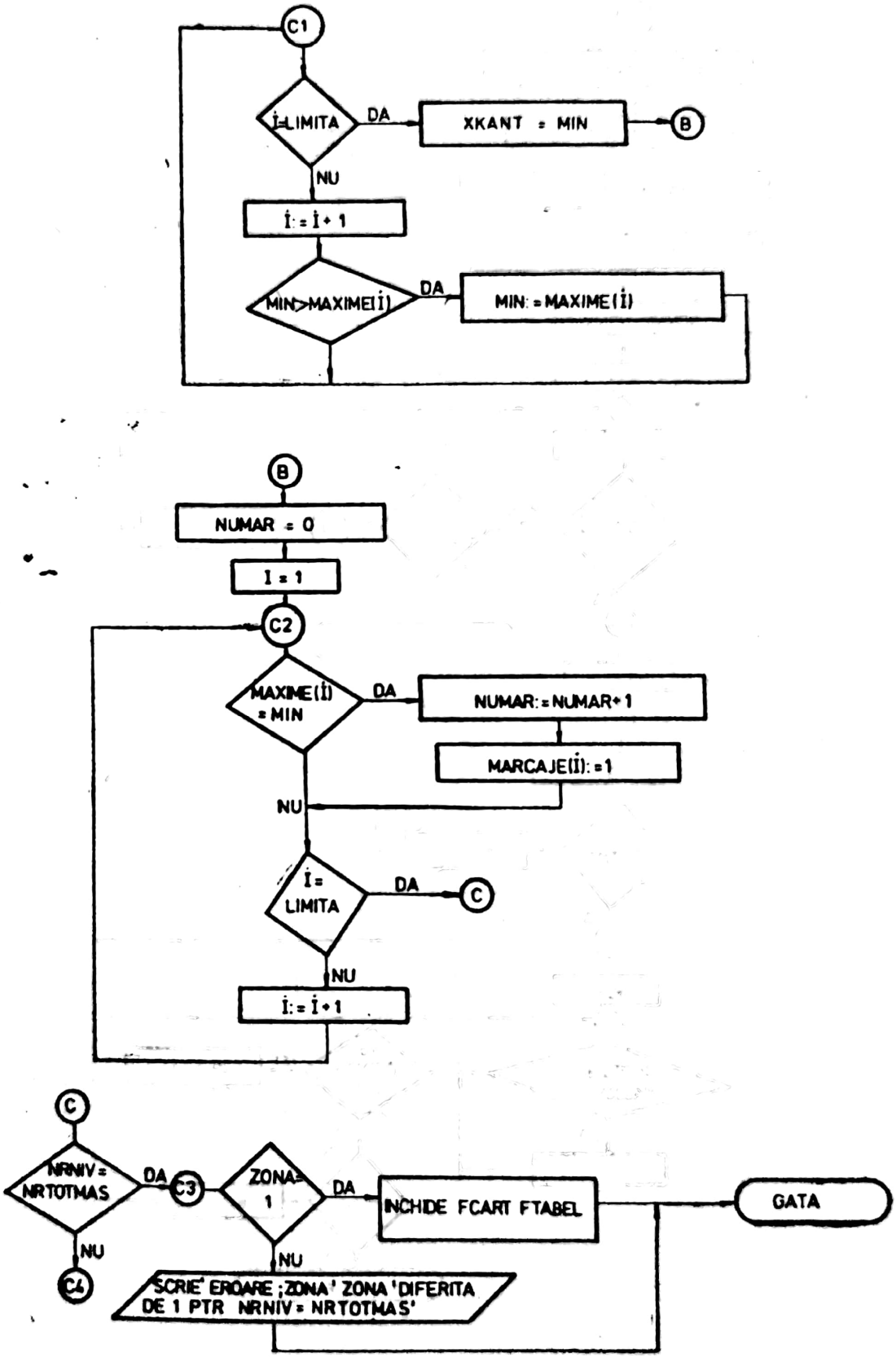
Scanned with OKEN Scanner

Schema 3.



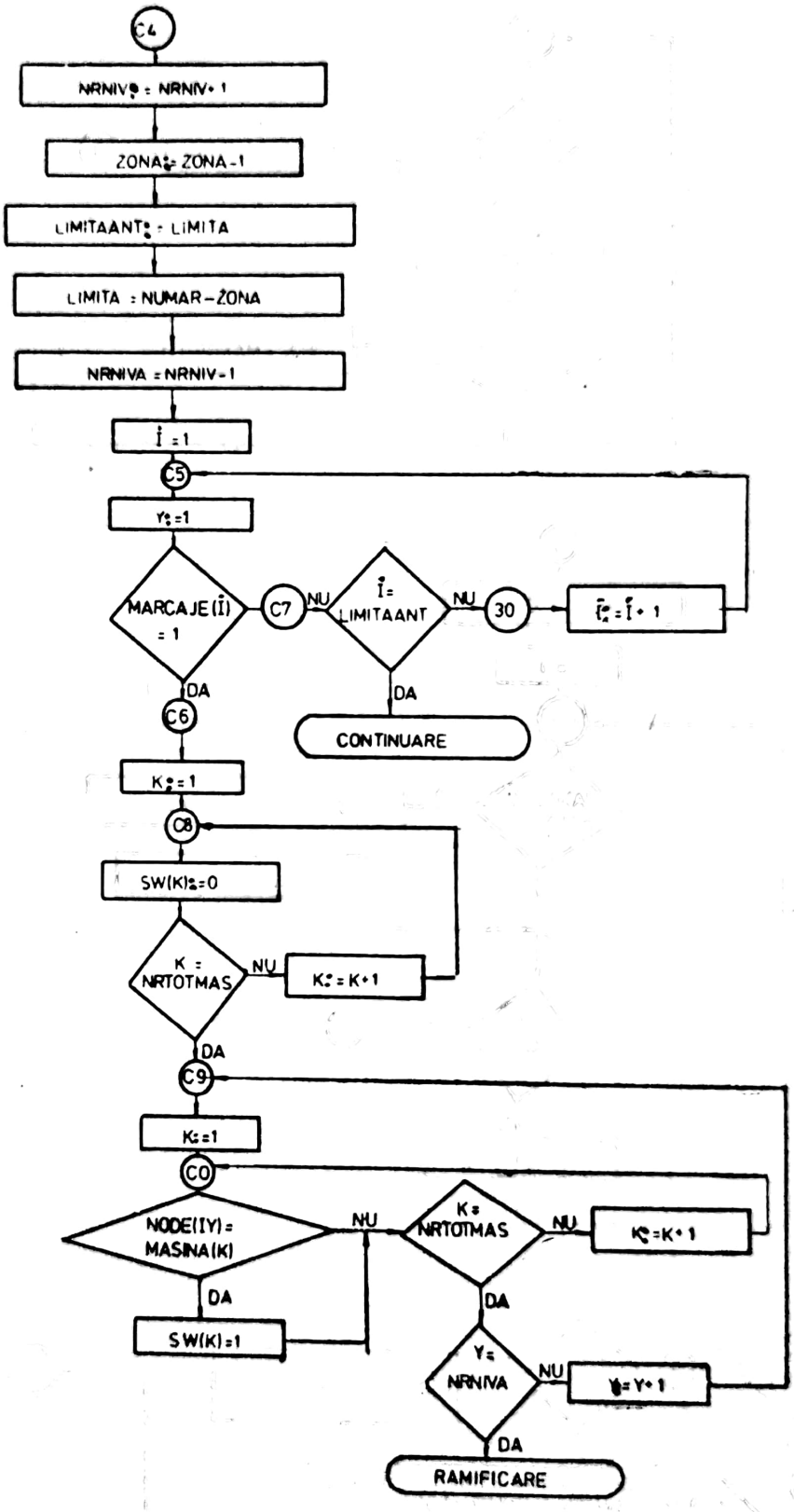
Scanned with OKEN Scanner

Schema 4.



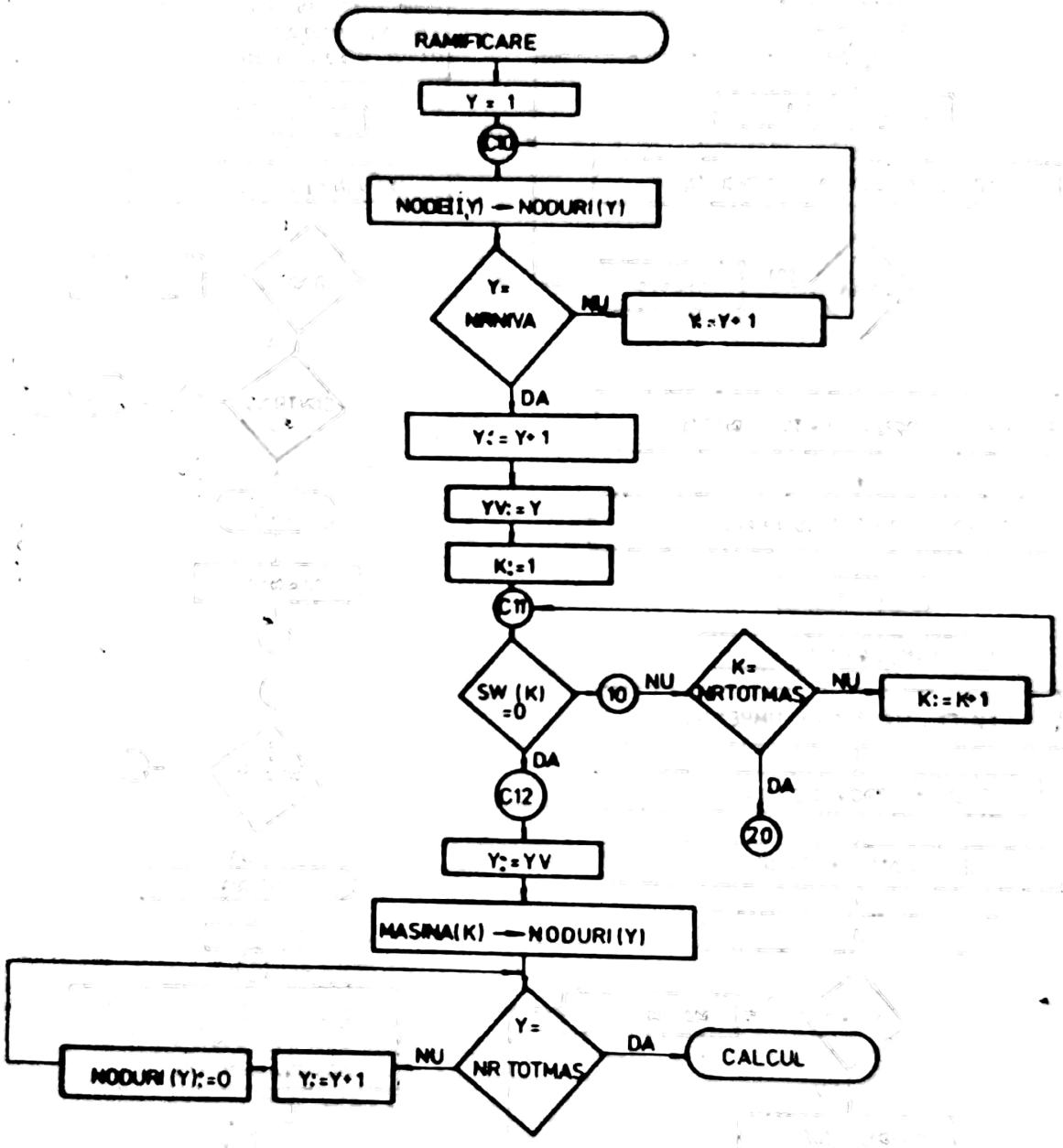
Scanned with OKEN Scanner

Schema 5.



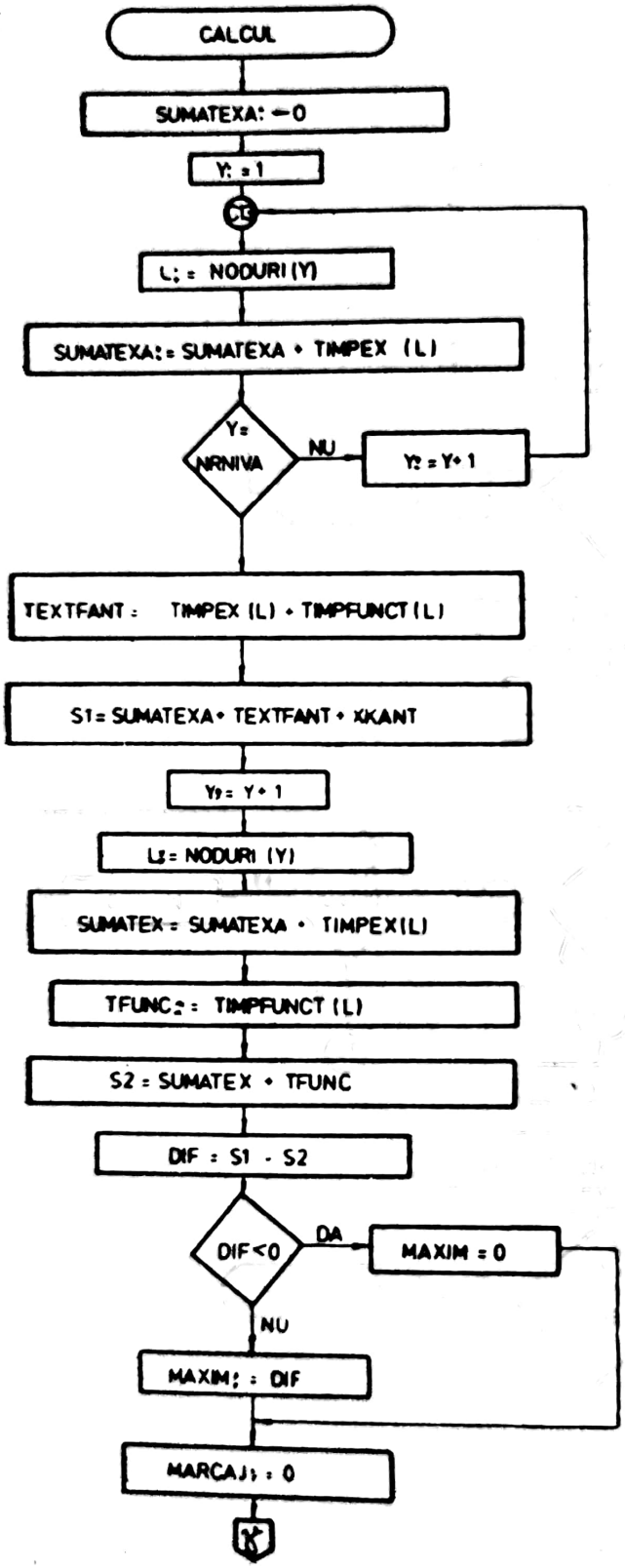
Scanned with OKEN Scanner

Schema 6.

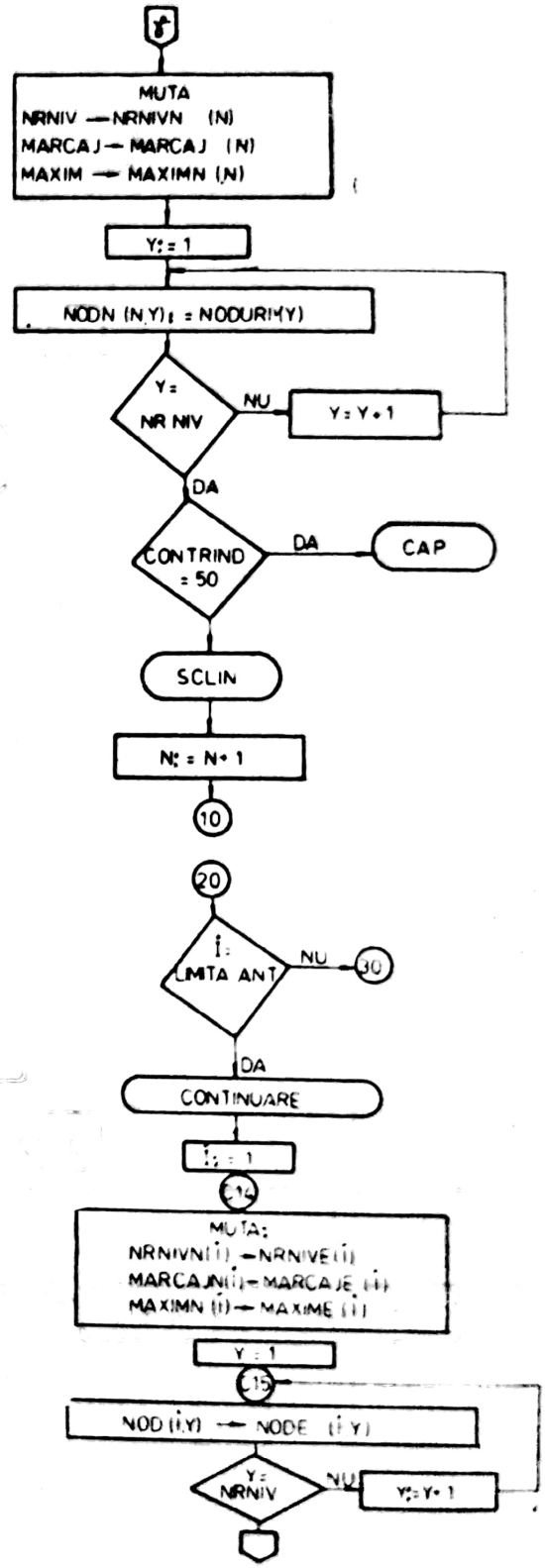


Scanned with OKEN Scanner

Schema 7.

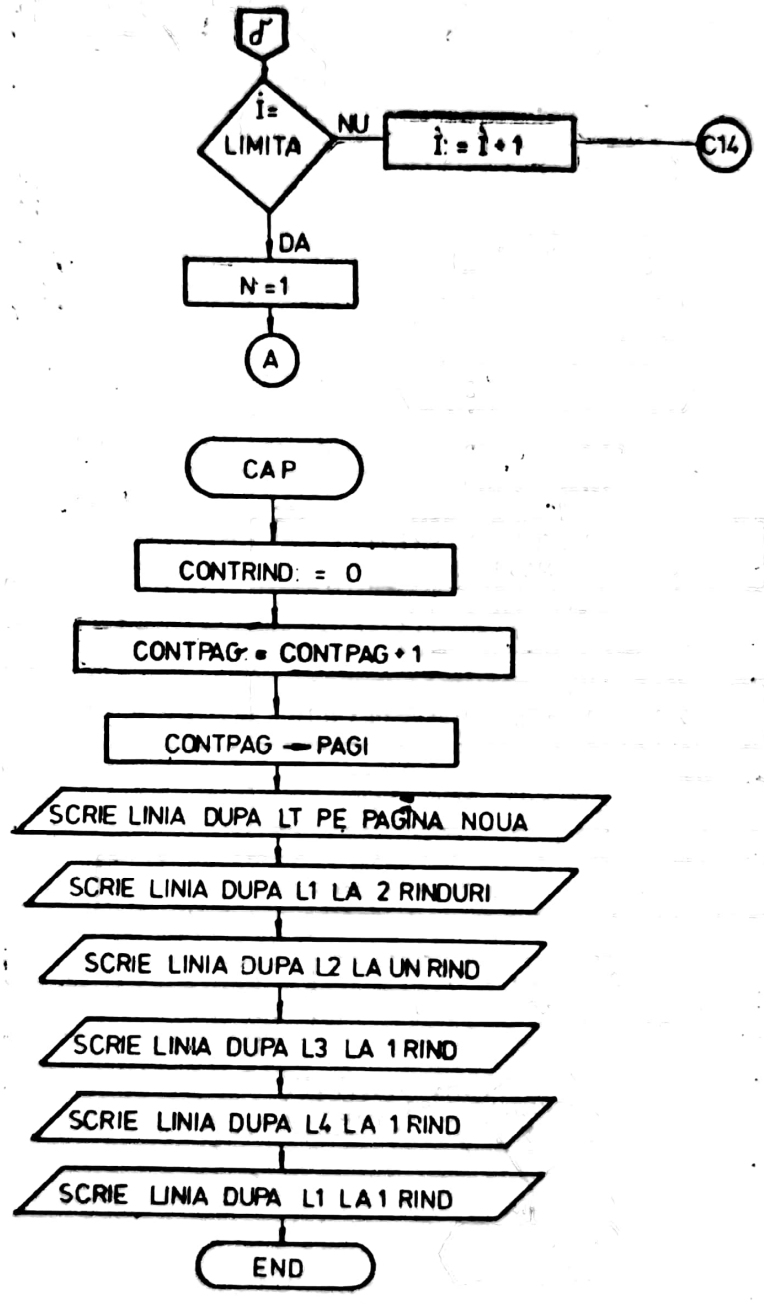


Schema 8.



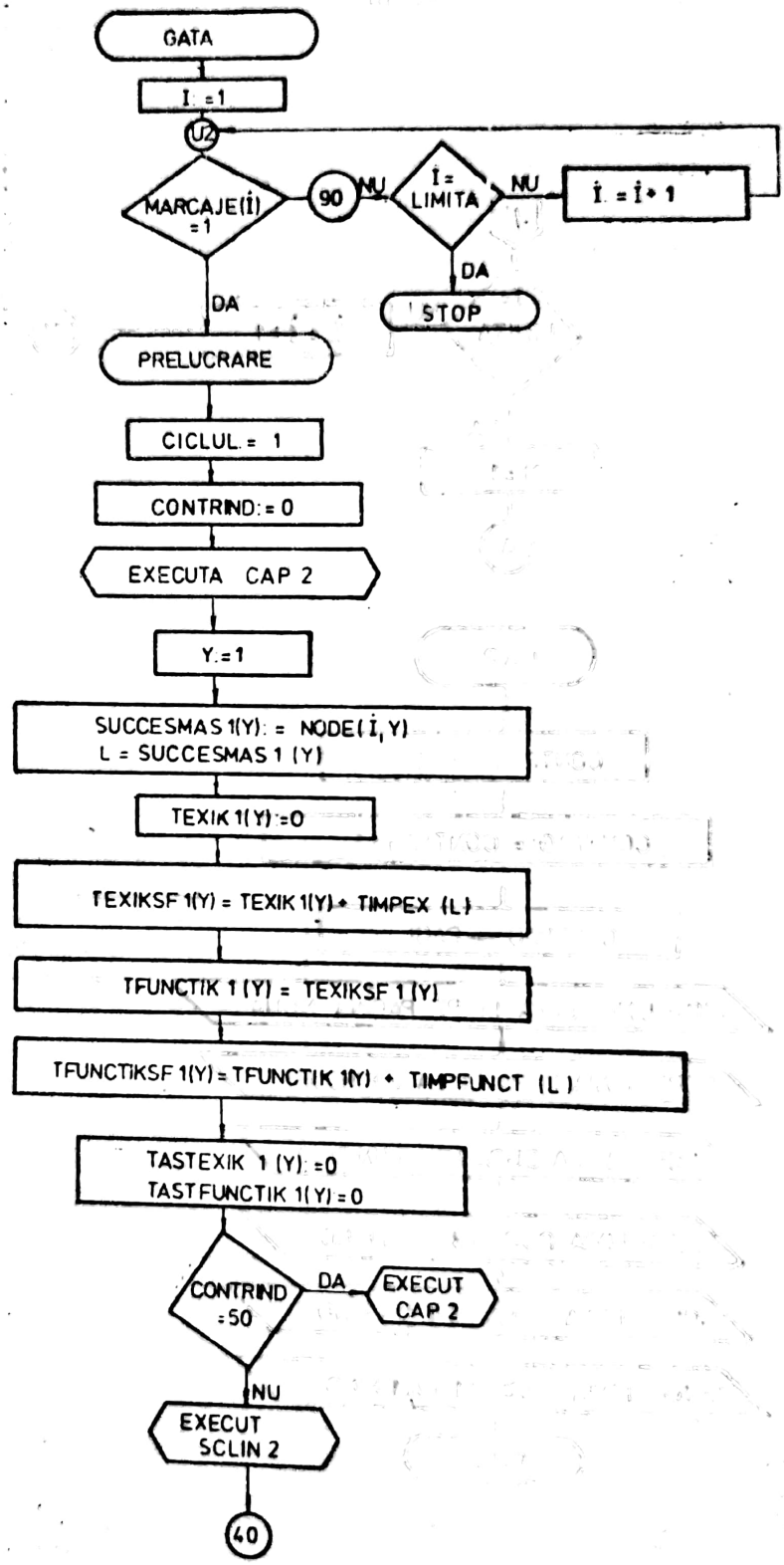
Scanned with OKEN Scanner

Schema 9.



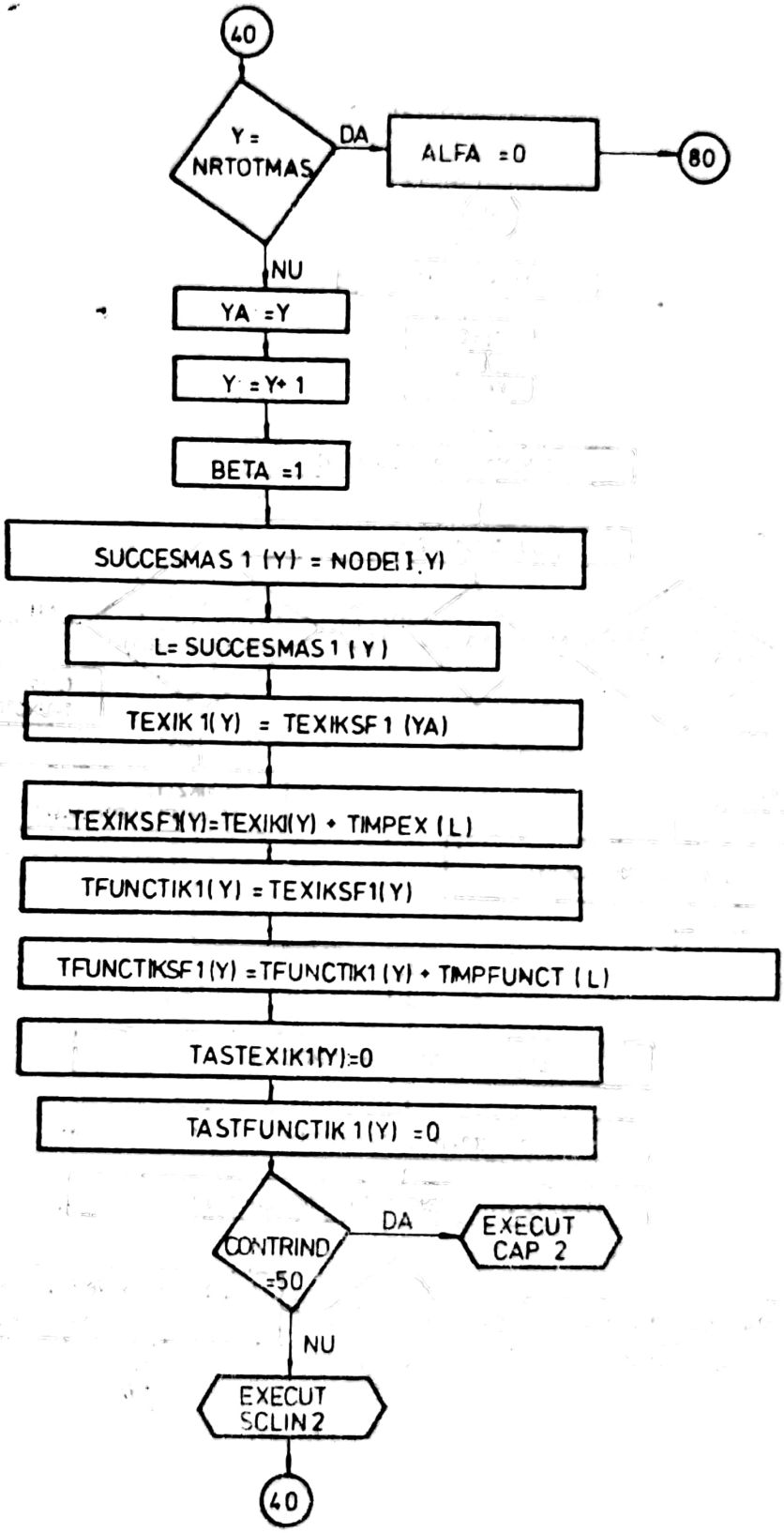
Scanned with OKEN Scanner

Schema 10.



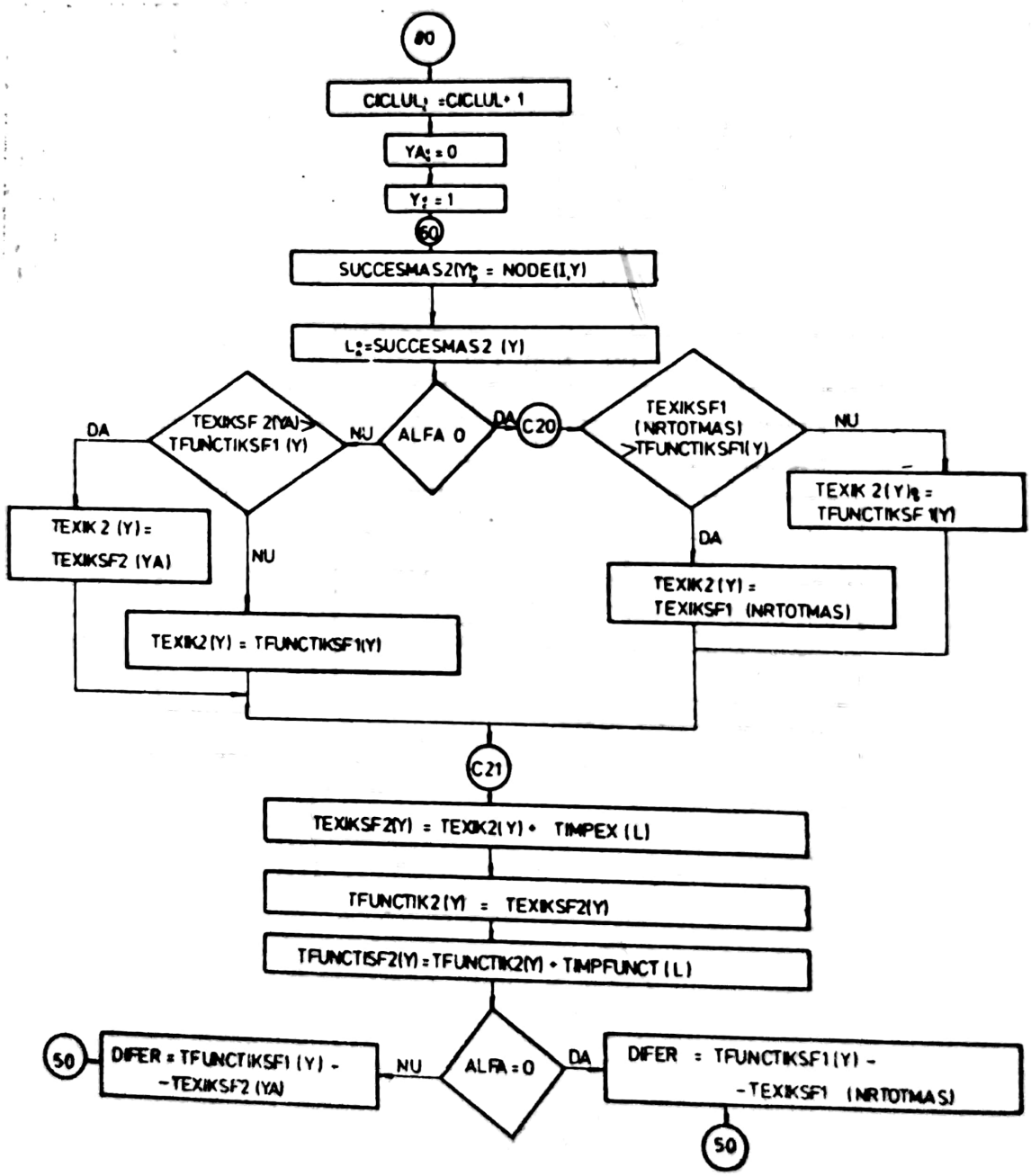
Scanned with OKEN Scanner

Schema 11



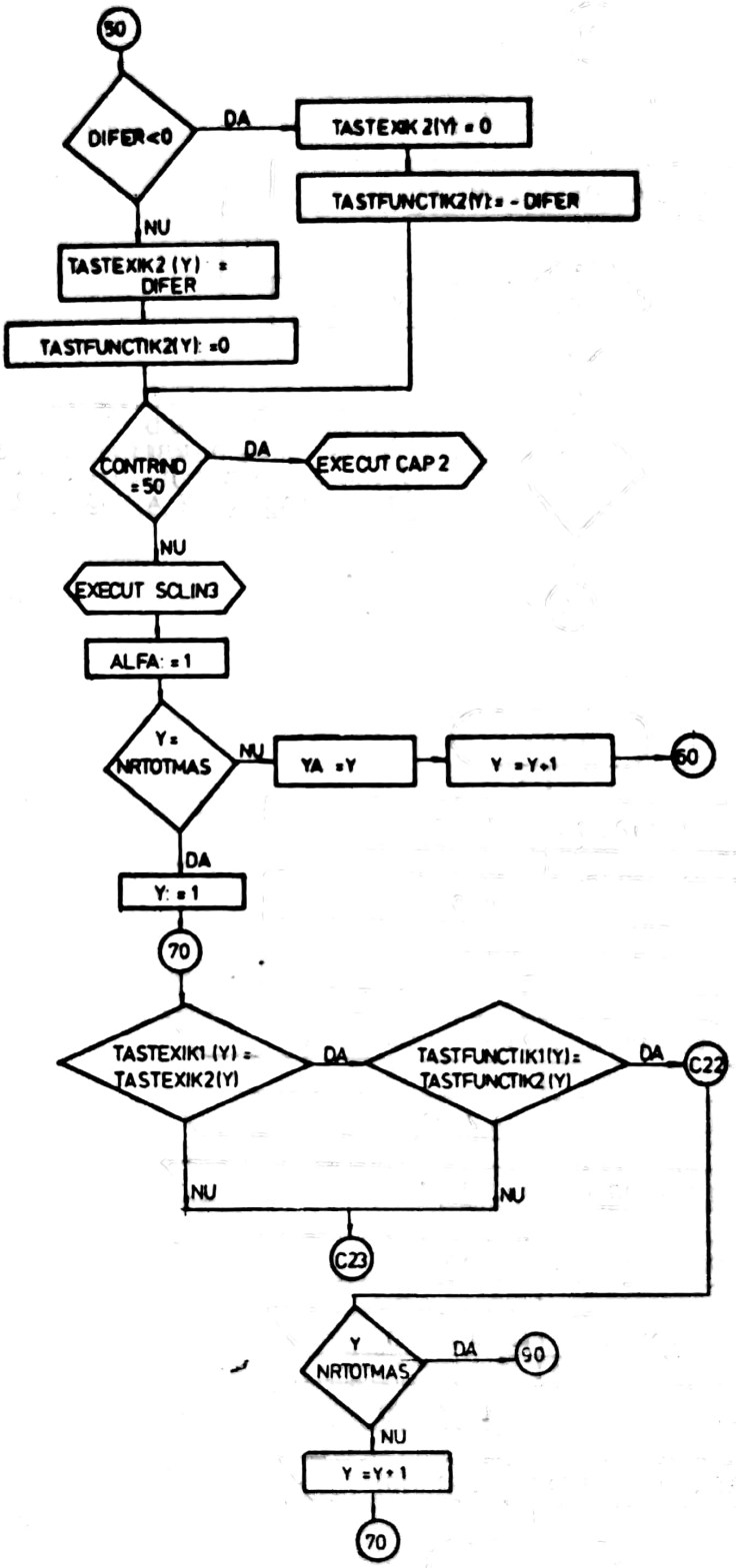
Scanned with OKEN Scanner

Schema 12.



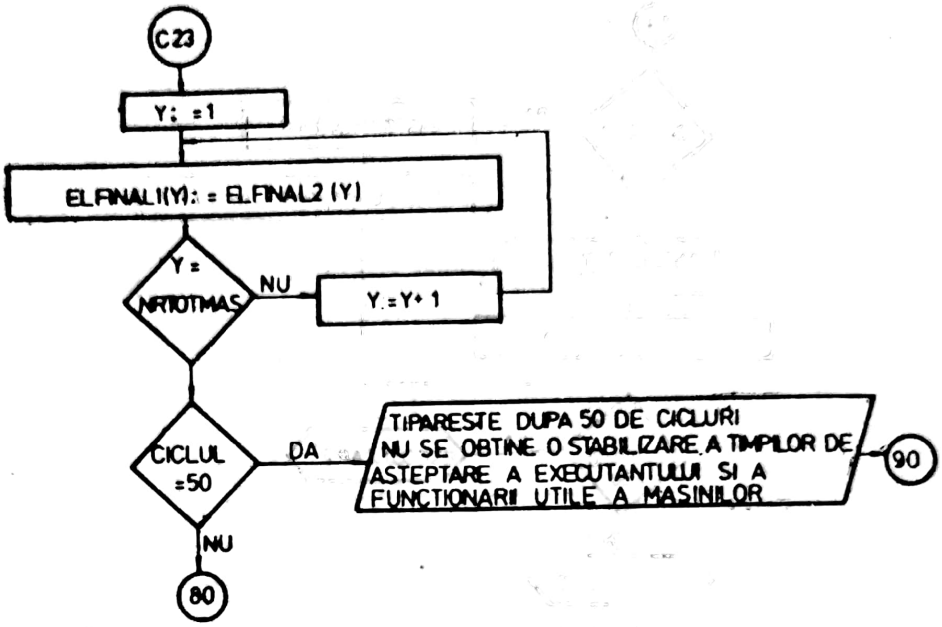
Scanned with OKEN Scanner

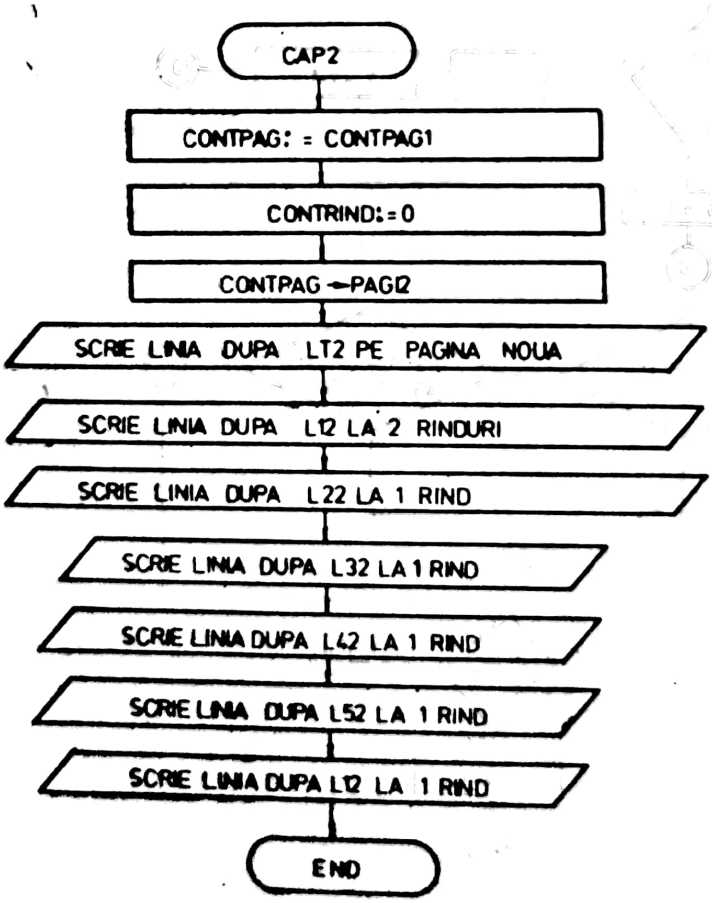
Schema 13.



Scanned with OKEN Scanner

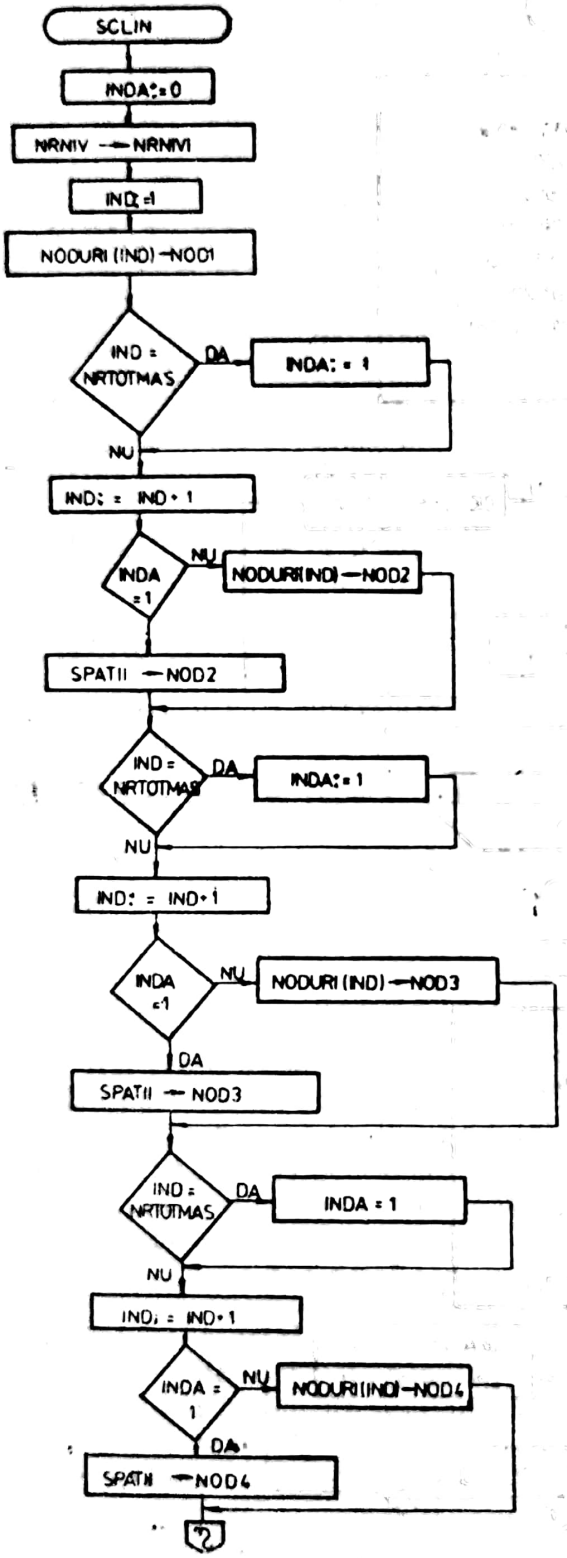
Schema 14.



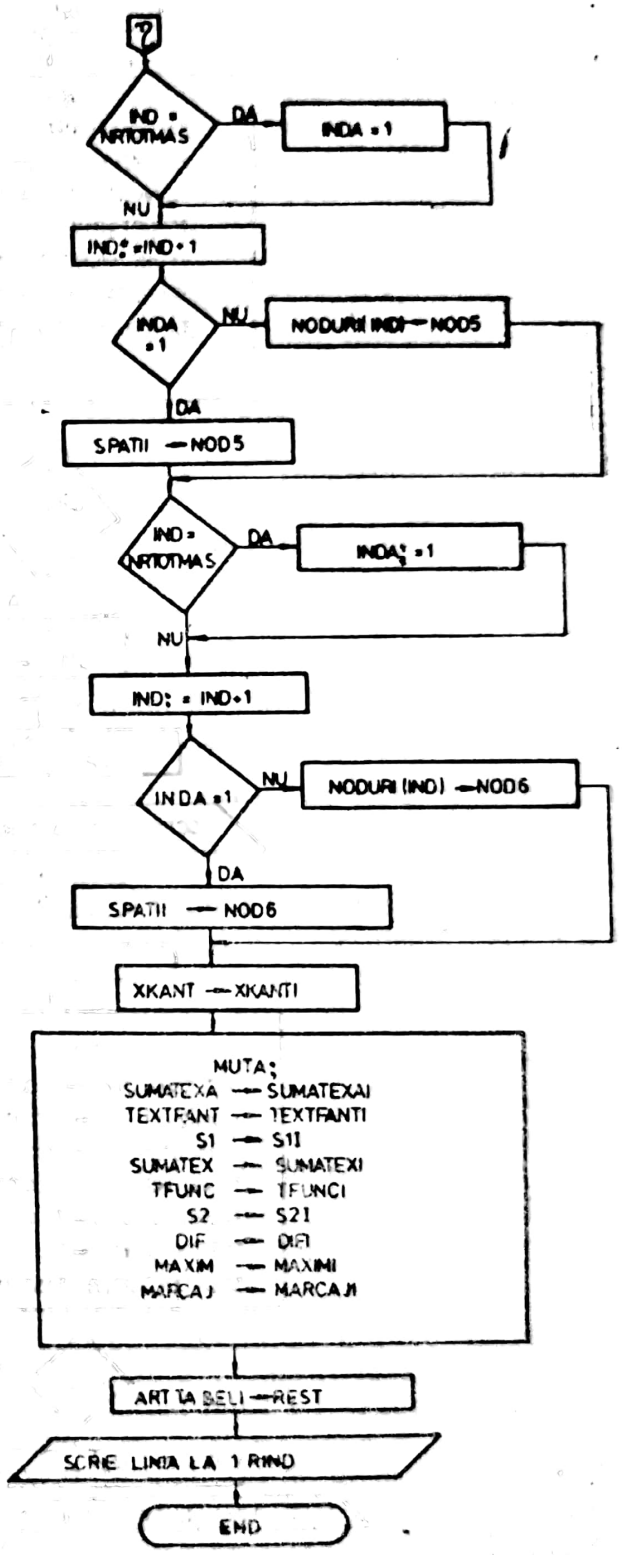


Scanned with OKEN Scanner

Schema 15.

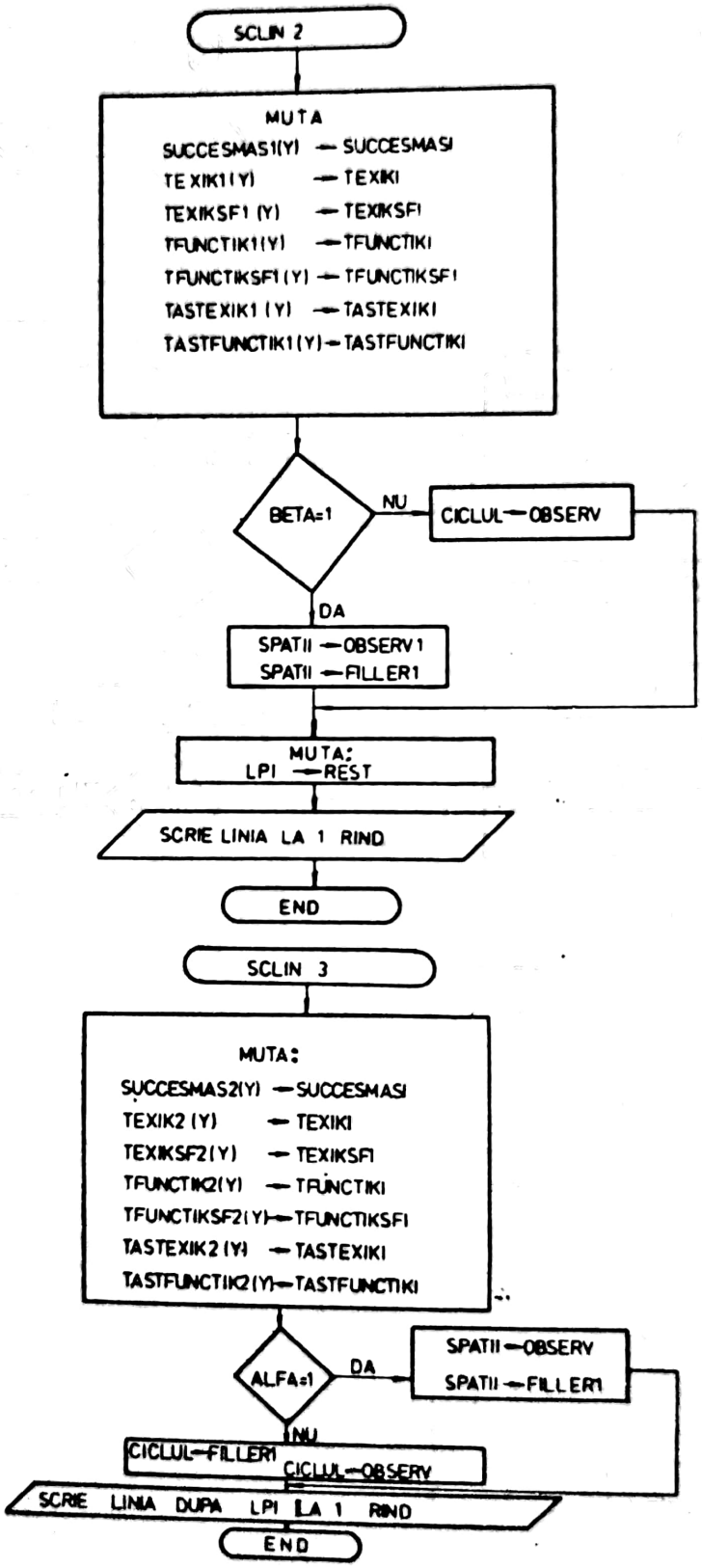


Schema 16.



Scanned with OKEN Scanner

Schema 17.



Scanned with OKEN Scanner

— SUMATEXA — ocupă 3 poziţii întregi şi două zecimale şi reprezintă suma timpilor de execuţie pentru maşinile anterioare din succesiunea dată ;

— TEXTFANT — ocupă 3 poziţii întregi şi două zecimale, reprezintă suma timpilor executantului şi de funcţionare utilă pentru maşinile anterioare din succesiunea dată ;

— SI — 4 poziţii întregi şi două zecimale, reprezintă suma ultimelor 3 cîmpuri precedente ;

— SUMATEX — are 4 poziţii întregi şi două zecimale, reprezintă suma timpilor executantului în succesiunea respectivă de maşini ;

— TFUNG — are 2 poziţii întregi şi două zecimale, reprezintă timpul de funcţionare utilă al ultimei maşini din succesiunea dată ;

— S2 — are 4 poziţii întregi şi două zecimale şi este suma ultimelor două cîmpuri precedente ;

— DIF — 4 poziţii întregi şi două zecimale, reprezintă diferenţa cîmpurilor S1 şi S2 ;

— MAXIM — 4 poziţii întregi şi două zecimale ; acest cîmp este egal cu conţinutul zonei DIF dacă ea este pozitivă sau cu 0 în cazul cînd zona DIF este negativă ;

— MARCAJ — o poziţie numerică, iniţial cîmpul este pe zero.

Pentru a găsi succesiunea maşinilor din nodurile diferitelor niveluri folosim un tabel ajutător TABMAS, cu următoarea structură : TABMAS

ELMAS — zona se repetă în funcţie de numărul total de maşini, cu subcîmpurile :

— MASINA — o poziţie numerică ;

— SW — o poziţie numerică, zona SW ia două valori 0 şi 1. SW (K)= 0, înseamnă că maşina respectivă nu este aleasă pentru a se adăuga succesiunii de maşini anterioare şi SW (K)=1, maşina aleasă.

Am rezervat tabelele TABEL şi TABELN cu ajutorul cărora vom căuta dintre nodurile de acelaşi nivel acele noduri pentru care zona MAXIM(I) este minimă, valoarea ce se depune în cîmpul MIN. Nodurile se vor marca punînd zona MARCAJE(I) pe valoarea 1, ele reprezentînd nodurile ce se vor ramifica, adăugîndu-se succesiunilor de maşini calculate încă o maşină care nu face parte din cele anterioare.

Structura tabelelor este următoarea :

TABEL — reprezintă numele ansamblului cu subcîmpul EL ce se repetă de 720 ori. Limita aceasta reprezintă numărul maxim al nodurilor de un anumit nivel care este cel mult 6 !=720. El are subcîmpurile :

— NRNIVE — o poziţie numerică şi este numărul de nivel al nodurilor ;

— MARCAJE — o poziţie numerică şi ia valoarea 1 sau 0 după cum cîmpul MAXIME este egal sau nu cu valoarea minimă. În acest fel marcăm nodurile ce se vor ramifica ;

— MAXIME — 4 poziţii întregi şi două zecimale şi este egal cu conţinutul zonei MAXIM ;

Scanned with OKEN Scanner

— NODE — o poziție numerică se repetă de 6 ori și este egală cu conținutul zonelor NODURI(J), J=1, NRTOTMAS. Dacă NRTOTMAS este mai mic decît 6 nu interesează în program conținutul restul zonelor NODE (I, J) pentru J NRTOTMAS;

— TABELN — are exact aceeași structură ca și TABEL, TABELN este numele ansamblului, subcîmpul ELN repetîndu-se de 720 ori;

— NRNIVN —

— MARCAJN —

— MAXIMN —

— NODN —

Indicii mai importanți folosiți în program sînt: I, J, K, N, iar zonele ajutătoare: NUMAR, LIMITAANT, NRNIVA, ZONA. J ia valori de la 1 la NRTOTMAS (numărul total de mașini), N și I iau valori de la 1 pînă la LIMITA, zona LIMITA reprezentînd numărul nodurilor ramificate de la un anumit nivel. K ia valori de la 1 pînă la NRTOTMAS. Zona NUMAR reprezintă numărul nodurilor de un anumit nivel care se vor ramifica, adică pentru care zona MAXIME (I) este minimă.

ZONA — este inițial egală cu numărul total de mașini și scade cu cîte o unitate cînd se trece la un număr de nivel superior. Ea este utilizată la calculul numărului nodurilor de un anumit nivel;

LIMITA — reprezintă numărul nodurilor de un anumit nivel și este egală cu produsul NUMAR.ZONA;

LIMITAANT — reprezintă numărul nodurilor de nivel anterior;

În partea a doua a programului are loc programarea deservirii mașinilor în succesiunea găsită în partea întîi. În acest scop, vom utiliza două tabele TABFINAL1 și TABFINAL2; TABFINAL1 pentru efectuarea calculelor din primul ciclu și TABFINAL2 pentru următoarele cicluri.

TABFINAL1 are subcîmpuri ELFINAL1 ce se repetă de un număr variabil de ori, egal cu numărul total de mașini. La rîndul său, se compune din cîmpurile:

— SUCCESMAS1 — o poziție numerică, reprezintă numărul mașinii;

— TEXIK1 — 4 poziții întregi și două zecimale, este zero în prima iterație pentru prima mașină și pentru următoarele mașini este egal cu TEXIKSF1 al mașinii anterioare;

— TEXIKSF1 — 4 poziții întregi și două zecimale, este egal cu suma dintre zona TEXIK1(J) și TIMPEX(L), L fiind ultima mașină din acea succesiune;

— TFUNCTIK1 — 4 poziții întregi și două zecimale, este egal cu TEXIKSF1(J);

— TFUNCTIKSF1 — 4 poziții întregi și două zecimale, este suma dintre TFUNCTIK1(J) și TIMPFUNCT(L), L=ultima mașină din succesiunea dată;

— TASTEXIK1 — 4 poziții întregi și două zecimale reprezintă timpul de așteptare al executantului; este 0 în primul ciclu;

Scanned with OKEN Scanner

— TASTFUNKTIK1 — 4 poziţii întregi şi două zecimale, se prezintă timpul de aşteptare al funcţionării utile a maşinii în succesiunea dată ; 0 este în primul ciclu.

În următoarele cicluri se foloseşte TABFINAL2, cu o structură identică cu tabelul anterior. TABFINAL2 are subcîmpul ELFINAL2, ce se repetă de un număr de ori egal cu numărul total de maşini. La rîndul său se compune din :

— SUCCESMAS2 — o poziţie numerică ;
— TEXIK2 — 4 poziţii întregi şi două zecimale ;
— TEXIKSF2 — 4 poziţii întregi şi două zecimale ;
— TFUNCTIK2 — 4 poziţii întregi şi două zecimale ;
— TFUNCTIKSF2 — 4 poziţii întregi şi două zecimale ;
— TASTEXIK2 — 4 poziţii întregi şi două zecimale ;
— TASTFUNCTIK2 — 4 poziţii întregi şi două zecimale ;

— Alte zone folosite în program :

— JA — maşina anterioară ia valori de la 1 la NRTOTMAS-1 ;
— CICLUL — este un contor ce numără ciclurile parcurse pentru programarea deservirii maşinilor în succesiunea dată ;
— ALFA — este egal cu 0 pentru prima maşină dintr-un ciclu şi cu 1 pentru următoarele maşini dintr-o succesiune dată din acelaşi ciclu ;
— DIFER — o zonă ajutătoare pentru calculul diferenţei TFUNCTIKSF1(J) — TEXIKSF2(JA) pentru ALFA=1 sau TFUNCTIKSF1(J) — TEXIKSF1 (NRTOTMAS) pentru ALFA=0.

Descrierea schemei logice :

Ea este formată din două părţi : în prima parte, conform algoritmului enunţat, se calculează succesiunea de maşini, iar în partea a doua se face programarea deservirii maşinilor din succesiunile găsite în prima parte. În prima parte se vor prelua datele iniţiale : numărul total de maşini de pe o cartelă parametru, iar timpii executantului şi al funcţionării utile a maşinilor de pe o cartelă perforată.

Se efectuează calculele conform algoritmului pentru nodurile de nivel 1, care sînt egale cu numărul total de maşini.

Pentru aceste noduri se caută minimul zonelor MAXIME(I), I=1, LIMITA, în paragraful A.

În paragraful B se marchează aceste zone, punînd zona MARCAJ(I)=1 şi în zona NUMAR obţinem numărul lor, ele reprezentînd nodurile ce se ramifică.

În paragraful C marcăm maşinile existente din nodurile ce se vor ramifica, punînd zona SW(K) pe 1. Maşinile pentru care SW(K)=1 nu se vor mai putea adăuga succesiunii de maşini al nodului ce urmează a se ramifica.

În paragraful RAMIFICARE se execută tocmai această operaţie, adăugăm încă o maşină succesiunii de maşini, maşină diferită de cele anterioare, căci pentru ea SW(K)=0.

Scanned with OKEN Scanner

În paragraful CALCUL se fac calculele conform schemei logice în vederea completării zonei ARTTABEL, apoi se transferă rezultatele în zona ARTTABELI pentru tipărirea rezultatelor la imprimantă, lucru ce se realizează în paragraful SCLIN.

În paragraful CAP se tipărește titlul și capul de tabel care precede scrierea rezultatelor. După ce se extrag rezultatele calculelor la imprimantă, se transferă numărul de nivel, succesiunea mașinilor din nod, marcajul și conținutul zonei MAXIM în zonele corespunzătoare din TABELN.

În momentul în care se trece la un nivel superior, în paragraful CONTINUARE se transferă conținutul zonei TABELN în TABEL, se pune N=1 și se reia totul de la paragraful A. Rezultatul, succesiunile de mașini căutate se vor găsi în zona TABEL, pentru ele cîmpul MARCAJE(I) fiind egal cu 1.

În partea a doua a programului, în paragraful GATA se caută în TABEL soluțiile găsite anterior.

Se tipărește prin paragraful CAP2 titlul „Programarea deservirii mașinilor în succesiunea găsită", cît și noul cap de tabel la imprimantă. Efectuăm calculele conform algoritmului enunțat, separat pentru primul ciclu, folosind zonele din tabela TABFINAL1, iar tipărirea rezultatelor la imprimantă se realizează în paragraful SCLIN2.

Pentru ciclurile următoare se folosesc zonele tabelei TABFINAL2, pentru calcule și afișarea rezultatelor are loc în paragraful SCLIN3.

După ce se termină un ciclu, comparăm rezultatele calculelor din TABFINAL2 cu cele din ciclul anterior conținute în TABFINAL1. Dacă coincid, se trece la soluția următoare ce se află în zona TABEL, reluîndu-se totul de la paragraful GATA. Dacă rezultatele calculelor unui ciclu nu coincid cu cele ale ciclului anterior, se transferă conținutul tabelei TABFINAL2 în TABFINAL1 și apoi în paragraful 80 se trece la ciclul următor.

Sfîrșitul algoritmului se obține cînd rezultatele calculelor dintr-un ciclu sînt identice cu cele ale ciclului anterior sau cînd numărul ciclurilor parcurse este mai mare decît 50, situația în care oprim algoritmul, dînd mesajul „După 50 de cicluri nu se obține o stabilizare a timpilor de așteptare a executantului și a funcționării utile a mașinilor".

Rezultatul calculului se prezintă în anexa I.

6.3. ALGORITMUL EURISTIC FOLOSIT LA POLIDESERVIREA MAȘINILOR-UNELTE CARE EXECUTĂ OPERAȚII DE DURATE DIFERITE

Pentru optimizarea parametrilor de lucru în condițiile deservirii unui număr mai mare de mașini, mai ales în cazul în care operațiile de efectuat au durate diferite, se recomandă folosirea unor metode moderne de calcul care să permită ușurarea muncii de elaborare a tehnologiei și de organizare a deservirii mașinilor prevăzute a fi cuprinse în sistem. În această idee, s-a considerat necesară elaborarea unui algoritm de calcul cu ajutorul căruia să se poată determina ordinea de succesiune a polideservirii în așa fel încît durata totală a ciclurilor să fie minimă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.10

Sistematizarea datelor

mașini timpi	m_1	m_2	m_n
t_{ei}	t_{e1}	t_{e2}	t_{en}
t_{fi}	t_{f1}	t_{f2}	t_{fn}
Succesiunea	S_e	S_{ek}	S_{eh}

În continuare se prezintă etapele de elaborare ale algoritmului.

Etapa 1. Se sistematizează datele de intrare într-un tabel similar cu 6.10, care cuprinde codul mașinilor polideservite m_i ($i=\overline{1, n}$), timpii de deservire (t_{ei}) și timpii de funcționare utilă (t_{fi}) a acestora, astfel:

Etapa 2. Se determină rapoartele dintre durata ciclului maxim și duratele celorlalte cicluri (rapoarte de multiplicare), cu ajutorul relației:

$$a_i = \left| \frac{T^c_{e\,max}}{T^c} \right| = \left| \frac{(t_e+t_f)_{max}}{t_{ei}+t_{fi}} \right|. \qquad (6.20)$$

În această relație paranteza dreaptă indică faptul că se ia în considerare numai partea întreagă a raportului (partea zecimală se va omite).

Etapa 3. Se determină numărul optim de mașini deservite (se va ține seama de gruparea de selecție efectuată). Pentru fiecare mașină deservită se utilizează relația

$$n_i \leq \frac{t_{fi}}{t_{ei}} + 1. \qquad (6.21)$$

În continuare se efectuează calcule de optimizare pentru a obține numărul maxim de mașini care pot fi polideservite de un executant în condițiile cînd există cel mai mic timp de interferență și cei mai mici timpi de așteptare a executantului. Se compară diferite soluții obținute și se decide asupra soluției optime.

Etapa 4. Se determină ordinea de succesiune a polideservirii în mai multe faze. Din relația 6.9 rezultă că ordinea polideservirii determină mărimea timpului de așteptare a funcționării utile a mașinilor. Pentru determinarea ordinii de succesiune de deservire a mașinilor au fost preluate anumite elemente din algoritmul de ordonanțare propus de Johnson. Se asimilează activitatea de deservire și cea de funcționare utilă a mașinii cu cele două mașini A și B, fluxul de lucru fiind logic, deservirea mașinii va fi urmată de funcționarea utilă a mașinii. De asemenea, se asimilează mașinile m_i polideservite cu cele n lucrări din algoritmul lui Johnson.

Algoritmul adaptat pentru soluționarea polideservirii se aplică pentru primul ciclu în următoarele faze:

1. Se determină minimul (t_{ei}, t_{fi}) pentru toate mașinile m_i ($i=\overline{1, n}$)

2. În cazul cînd minimul este t_{ek}, adică timpul pentru polideservirea mașinii m_k, atunci se programează în prima succesiune deservirea mașinii m_k.

3. În cazul cînd minimul este t_{fk}, timpul de funcționare utilă a mașinii m_k, atunci se programează ultima.

4. Se scoate mașina m_k de pe lista de n mașini și se repetă fazele 1—4, pentru mașinile ce nu au fost încă programate.

5. Se completează în ultima linie a tabelului 6.10 succesiunea deservirii (S_{ei}) din primul ciclu.

6. Succesiunea de deservire și funcționare utilă a mașinilor, timpii de așteptare a executantului și de așteptare a funcționării utile a mașinilor se trec într-un tabel model 6.2.

Mărimea T_{eiS} indică momentul în care executantul este liber să deservească mașina i și s-a terminat funcționarea utilă a mașinii i, în cadrul ciclului, luînd în considerare succesiunea S_k stabilită în tabelul 6.10.

Valoarea lui T_{eiS_k} reprezintă duratele însumate a deservirii (t_{ei}) și a duratelor de funcționare utilă a mașinilor și corespunde termenelor minime de începere din domeniul planificării în rețea.

Fie $T_{e(i-1)S_k}$ momentul cînd executantul va fi liber să deservească mașina m_i, în conformitate cu succesiunea (S_{ei}) și $T_{fiS_{k-1}}$ momentul cînd funcționarea utilă a mașinii i s-a terminat în conformitate cu succesiunea ($S_{k_{i-1}}$) și necesită intervenția executantului.

Analitic, se va obține

$$T_{eiS_k} = MAX\,[T_{e(i-1)S_k};\quad T_{fiS_{k-1}}].$$

Această relație exprimă faptul că deservirea mașinii m_i nu poate fi începută înainte ca mașina m_{i-1} să fi fost deservită, adică executantul să devină liber și înainte ca funcționarea utilă a mașinii m_i din succesiunea precedentă (S_{k-1}) să fi fost terminată.

Relația oferă posibilitatea de a deduce următoarea metodă, în trepte, pentru calculul momentului de deservire (T_{eiS_k}) a mașinii m_i:

— se caută prima mașină în conformitate cu succesiunea stabilită a cărei funcționare utilă s-a terminat, aceasta va fi momentul $T_{fiS_{k-1}}$;

— se calculează termenul de realizare a deservirii mașinii m_i (T_{eiS_k}) conform succesiunii stabilite, relația 6.15 :

— termenul de începere a funcționării utile (T_{fiS_k}) a mașinii m_i, în succesiunea S_k, rezultă din relația 6.16 ;

— se calculează noul termen de realizare a funcționării utile (T_{fiS_k}) a mașinii m_i din succesiunea S_k, după relația 6.17 ;

— se continuă astfel pînă la ultima mașină din succesiune, din cadrul ciclului ;

— se calculează pentru fiecare mașină deservită în cadrul fiecărei succesiuni timpul de așteptare a executantului ($T^a_{eiS_k}$), după relația 6.19.

Rezultatele calculelor se introduc, așa cum s-a arătat, într-un tabel în ordinea menționată.

Scanned with OKEN Scanner

Etapa 5. Se repetă etapa 4 pentru ciclurile următoare, pînă cînd se obține în tabelul 6.2 aceeași ordine de succesiune a deservirii mașinilor, aceleași durate de așteptare a executantului și a așteptărilor mașinilor pentru funcționarea utilă în cadrul cel puțin a două cicluri de deservire.

Prioritatea atribuirii mașinilor în ciclul doi și următoarele este dată de condiția

$$min\left[T^c_{f1S_t};\quad T^c_{f2S_t};\ \ldots;\ T^c_{fiS_t};\ \ldots;\ T^c_{fnS_t}\right], \tag{6.22}$$

unde c este numărul ciclului polideservirii.

Condiția repetării în cadrul a două cicluri consecutive ale polideservirii valorilor identice pentru timpii de așteptare a executantului și a funcționării utile a mașinii, în unele cazuri particulare ale polideservirii, nu se poate respecta.

În continuare, pentru a prezenta utilizarea algoritmului, se dă un exemplu de calcul numeric. Admitem că sînt stabilite codurile și numărul mașinilor deservite, după metodele date în literatura de specialitate.

În tabelul 6.11 se indică duratele de deservire și funcționare utilă a mașinilor. Se cere să se stabilească succesiunea eficientă a polideservirii.

Tabelul 6.11

Date de intrare pentru algoritm

mașini/timpi	m_1	m_2	m_3	m_4
$t_{et\,min}$	3	4	2	4
$t_{ft\,min}$	12	10	11	11
Succesiunea S_t	2	4	1	3

Etapa 1. Datele sînt sistematizate în tabelul 6.11.

Etapa 2. Se calculează rapoartele:

$$a_1=\frac{15}{15}=1;\quad a_2=\frac{15}{14};\quad a_3=\frac{15}{13}=1;\quad a_4=\frac{15}{15}=1,$$

de unde rezultă că în cadrul ciclului de deservire fiecare mașină este supusă unei singure deserviri.

Etapa 3. În tabelul 6.12 se prezintă ordinea de succesiune a deservirii, timpii de așteptare a executantului și a funcționării utile a mașinilor.

Primul ciclu al polideservirii

Timpul de începere al deservirii pentru mașina m_3 rezultă din ecuația 6.16

$$T_{is_1}=max\,(0\,;\,0)=0.$$

Timpul de realizare al deservirii mașinii m_3 se obține din ecuația 6.12

$$T^1_{3_1}=max\,(0\,;\,0)+2=2.$$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.12

Ordinea de succesiune a deservirii și funcționării utile

Succesiunea mașinilor m_i	$T^c_{e_{i_{S_k}}}$	$\overline{T}^c_{e_{i_{S_k}}}$	$T^c_{f_{i_{S_k}}}$	$\overline{T}^c_{f_{i_{S_k}}}$	$T^a_{e_{i_{S_k}}}$	$T^a_{f_{i_{S_k}}}$	Observații
m_3	0	2	2	13	—	—	
m_1	2	5	5	17	—	—	
m_4	5	9	9	20	—	—	se termină
m_2	9	13	13	23	—	—	ciclul
m_3	13	15	15	26		—	—
m_1	17	20	20	32	2	—	
m_4	20	24	24	35	—	—	
m_2	24	28	28	3	—	1	
m_3	28	30	30	41	—	2	
m_1	32	35	35	47	2	—	
m_4	35	39	39	50	—	—	
m_2	39	43	43	53	—	1	
m_3	43	45	45	56	—	2	
m_1	47	50	50	62	2	—	
m_4	50	54	54	65	—	—	
m_3	54	58	58	68	—	1	

Timpul de începere a funcționării utile a mașinii m_3 rezultă din ecuația 6.15

$$T_{f3_1}=\overline{T}_{e3_1}=2.$$

Durata funcționării utile a mașinii m_3, conform relației 6.16, este :

$$\overline{T}^1_{f3_1}=2+11=13.$$

Momentul începerii deservirii mașinii m_1 rezultă din relația 6.14 astfel

$$T^1_{e1_2}=max\ (2\ ;\ 0)=2.$$

Momentul terminării deservirii mașinii m_1 este dat de relația 6.15 astfel

$$\overline{T}^1_{e1_2}=max\ (2\ ;\ 0)+3=5.$$

Momentul începerii funcționării utile a mașinii m_1 se obține din relația 6.16, adică

$$T^1_{f1_2}=5.$$

Momentul terminării funcționării a mașinii m_1 rezultă din relația 6.17

$$\overline{T}^1_{f1_2}=5+12=17.$$

Scanned with OKEN Scanner

La fel se calculează elementele polideservirii pentru mașinile m_4 și m_2.

Mașina m_4:

$$T^1_{e4_3}=max\ (5\ ;\ 0)=5,$$

$$\bar{T}^1_{e4_3}=max\ (5\ ;\ 0)+4=9,$$

$$T^1_{f4_3}=9,$$

$$\bar{T}^1_{f4_3}=9+11=20.$$

Mașina m_2:

$$T^1_{e2_4}=max\ (9\ ;\ 0)=9,$$

$$\bar{T}^1_{e2_4}=max\ (0\ ;\ 0)+4=13,$$

$$T^1_{f2_4}=13,$$

$$\bar{T}^1_{f2_4}=13+10=23.$$

Ciclul doi

În mod succesiv se determină momentul terminării funcționării utile a mașinilor, cu ajutorul condiției

$$min\ (m_3=13\ ;\ m_1=17\ ;\ m_4=20\ ;\ m_2=23)=13,$$

se observă că succesiunea deservirii este aceeași ca și în ciclul 1.

Se calculează apoi elementele polideservirii pentru mașina m_3:

$$T^2_{e3_1}=max\ (13\ ;\ 13)=13,$$

$$\bar{T}^2_{e3_1}=max\ (13\ ;\ 13)+2=15,$$

$$T^2_{f3_1}=15,$$

$$\bar{T}^2_{f3_1}=15+11=26.$$

Mașina m_1 este următoarea în succesiunea deservirii, pentru care se calculează elementele caracteristice:

$$T^2_{e1_2}=max\ (15\ ;\ 17)=17, \qquad T^a_{e1_2}=max\ [(17-15)\ ;\ 0]=2,$$

$$\bar{T}^2_{e1_2}=max\ (15\ ;\ 17)+3=20,$$

$$T_{f1_2}=20,$$

$$\bar{T}_{f1_2}=20+12=32.$$

Scanned with OKEN Scanner

În continuare se face calculul elementelor polideservirii pentru mașina m_4, care sînt

$$T^2_{e4_3}=max\ (20\ ;\ 20)=20,$$

$$\bar{T}^2_{e4_3}=max\ (20\ ;\ 20)+4=24,$$

$$T_{f4_3}=24,$$

$$\bar{T}_{f4_3}=24+11=35.$$

În final se face calculul elementelor polideservirii pentru ultima mașină, m_2,

$$T^2_{e2_4}=max\ (24\ ;\ 23)=24 \quad T^a_{f2_4}=max\ [(24-23)\ ;\ 0]=1,$$

$$\bar{T}^2_{e2_4}=max\ (24\ ;\ 23)+4=28,$$

$$\bar{T}^2_{f2_4}=28,$$

$$\bar{T}^2_{f2_4}=28+11=39.$$

Ciclul trei

Momentul terminării funcționării utile a mașinilor rezultă din :

$$min\ (m_3=26\ ;\ m_1=32\ ;\ m_4=35\ ;\ m_2=38)=26\ ;$$

succesiunea deservirii a rămas aceeași ca în ciclurile precedente.

Elementele de calcul ale mașinii m_3 sînt

$$T^3_{e3_1}=max\ (26\ ;\ 28)=28, \quad T^a_{f3_1}=max\ [(28-26)\ ;\ 0]=2,$$

$$\bar{T}^3_{e3_1}=max\ (28\ ;\ 26)+2=30,$$

$$T^3_{f3_1}=30,$$

$$\bar{T}^3_{f3_1}=30+11=41.$$

Elementele mașinii m_1 sînt

$$T^3_{e1_2}=max\ (30\ ;\ 32)=32\ ; \quad T^a_{e1_2}=max\ [(32-30)\ ;\ 0]=2,$$

$$\bar{T}^3_{e1_3}=max\ (30\ ;\ 32)+3=35,$$

$$T^3_{f1_2}=35,$$

$$\bar{T}^3_{f1_2}=35+12=47.$$

Scanned with OKEN Scanner

Elementele de calcul ale mașinii m_4 sînt

$$T^3_{e4_3}=max\ (35\ ;\ 35)=35,$$

$$\bar{T}^3_{e4_3}=max\ (35\ ;\ 35)+4=39,$$

$$T^3_{f4_3}=39,$$

$$\bar{T}^3_{f4_3}=39+11=50.$$

Elementele de calcul a deservirii mașinii m_2 sînt

$$T^3_{e2_4}=max\ (39\ ;\ 38)=39,\quad T^a_{f2_4}=max\ [(39-38)\ ;\ 0]=1,$$

$$\bar{T}^3_{e2_4}=max\ (39\ ;\ 38)+4=43,$$

$$T^3_{f2_4}=43,$$

$$\bar{T}^3_{f2_4}=43+10=53.$$

Din exemplul considerat se poate reține că algoritmul studiat dă posibilitatea efectuării calculelor pentru obținerea unor soluții optime în ceea ce privește ordonanțarea polideservirii, volumul de calcul fiind relativ redus.

Se mai reține faptul că pentru situații la care volumul de calcule este mai redus, acestea se pot efectua chiar manual sau cu mașini mici de calcul.

6.4. ALGORITMUL EURISTIC DE PROGRAMARE DETERMINISTĂ A DESERVIRII MAȘINILOR INDEPENDENT DE DURATA OPERAȚIILOR

Algoritmul elaborat oferă soluții de programare a deservirii mai multor mașini de un executant (om sau robot industrial), independent de structura și durata timpilor de deservire și funcționare utilă a mașinilor.

Algoritmul are drept scop determinarea ordinii de succesiune a deservirii mașinilor, precum și elementele de timp ale programării deservirii, astfel ca timpii de nefuncționare a mașinilor (din cauza așteptării deservirii) să fie minimi.

Se admite apriori că operațiile pregătitoare ale polideservirii sînt efectuate, adică sînt stabilite lucrările de executat, codul și numărul de mașini polideservite m_i ($i=\overline{1,\ n}$) sînt precizați timpii de deservire (t_{ei}) și cei de funcționare utilă — fără supraveghere — (t_{fi}) a fiecărei mașini m_i. Se admite de asemenea că în cursul programului de deservire a mașinilor mărimile (t_{ei}) și (t_{fi}) rămîn constante (invariabile în timp), că nu există restricții privind ordinea de deservire a mașinilor, aceasta fiind determinată după criteriul timpului minim de așteptare a mașinilor pentru a intra în funcționare utilă.

Algoritmul programării se rezolvă în următorii pași:

Scanned with OKEN Scanner

Pasul 0. Se sistematizează datele de intrare conform tabelului 6.13.

Tabelul 6.13

Date inițiale

		Mașini
		$m_1 \ldots m_i \ldots m_m$
Timpi	t_{ei}	$t_{ex1} \ldots t_{exi} \ldots t_{exn}$
	t_{fi}	$t_{f1} \ldots t_{fi} \ldots t_{fn}$

Pasul 1. Se determină numărul de deserviri a mașinilor m_i $(i=\overline{1, n})$ în cadrul unui ciclu de deservire, prin calculul numărului convențional de mașini deservite (fictive) cu ajutorul relației

$$m_c = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{t_{cmax}}{t_{ci}} \right|, \tag{6.23}$$

în care :

$$t_{ci} = (t_{ei} + t_{fi}), \quad i=\overline{1, n};$$

$$t_{cmax} = \max_{i} \{t_{ci}\};$$

unde | | reprezintă partea întreagă a numărului rezultat.

Pasul 2. Pentru a determina începerea polideservirii mașinilor se procedează astfel :

E.2.1. Se caută din toți timpii executantului $\{t_{exi}\}$, $(i=\overline{1, n})$, valoarea minimă, adică :

$$t_{exg} = \min_{i} \{t_{exi} / 1 \leqslant i \leqslant n\}. \tag{6.24}$$

E.2.2. Dacă acesta este un timp minim (t_{exg}) și numai unul, atunci mașina $m_g \text{—}\ominus\!\!\rightarrow t_{exg}$ este prima deservită și se poate trece la E.2.5. Dacă nu, se trece la E.2.3 (semnul $\text{—}\ominus\!\!\rightarrow$ înseamnă „corespunde").

E.2.3. Dacă există două sau mai multe valori minime

$$\min \{tex_i / tex_g = \ldots = tex_l) \in \forall m_i\}, \tag{6.25}$$

atunci se caută

$$t_{fsj} = \max \{(t_{fsg} \text{—}\ominus\!\!\rightarrow tex_g);\ (t_{fl} \text{—}\ominus\!\!\rightarrow t_{exi}) / (g, \ldots, l) \in i\}, \tag{6.26}$$

și se trece la E.2.4

E.2.4. Dacă aceasta este un timp cu durata t_{fsj}, atunci mașina $m_j \text{—}\ominus\!\!\rightarrow (t_{exj}; t_{fsj})$ este prima deservită și se marchează. Se trece apoi la E.2.5.

Scanned with OKEN Scanner

E.2.5. Se repetă etapele E.2.1.—E.2.4 pînă ce toate mașinile m_i, din polideservire au fost supuse primei deserviri și se trece la pasul 4.

Pasul 3. Pentru cea de a doua deservire, se determină ordinea de prioritate a deservirii mașinilor astfel:

E.3.1. Se calculează indicele de prioritate p_i^s, pentru cele m_i mașini din ultima așezare $(s-k)$ în programul de deservire, folosind relația

$$p_i^s = minim\ \{T_{fi}^{(s-1)-n} / (1 \leqslant i \leqslant n)\}, \tag{6.27}$$

în care:

$T_{fi}^{(s-1)-n}$ este momentul terminării funcționării utile a mașinii m_i din deservirea precedentă și din succesiunea de deservire $(s-k)$;

s — numărul succesiunii de deservire.

E.3.2. În cazul cînd valoarea p_i^s corespunde numai la o singură mașină din cele $\{m_i\}$ deservite, atunci aceasta se așază în programul de deservire și se trece la pasul 4.

— Dacă valoarea p_i^s corespunde la două sau mai multe mașini din cele $\{m_i\}$ deservite, adică

$$minim_i\ \{T_{fi}^{s-(i=\overline{1,n})} / (T_{fg}^{s-k} = \ldots = T_{fl}^{s-k}) \in \forall m_i\}, \tag{6.28}$$

se trece la E.3.3.

E.3.3. Se caută indicele suplimentar de decizie, astfel

$$p_{i1}^s = minim\ \{(lex_g \multimap T_{f_g}^{s-n});\ (l_{exl} - T_{fl}^{s-n})/(g, \ldots, l) \in i\}. \tag{6.29}$$

— Dacă valoarea p_{i1}^s corespunde numai la o singură mașină din cele $\{m_i\}$ mașini deservite, atunci aceasta se așază în programul de deservire și se trece la pasul 4.

— dacă există două sau mai multe mașini din $\{m_i\}$ cu valori egale ale lui $p_{i_1}^s$, adică

$$min\ \{p_{i1}^s / (p_{h1}^s = \ldots = p_{j1}^s);\ (h, \ldots, j) \in i\}, \tag{6.30}$$

se trece la E.3.4.

E.3.4. Se caută încă un indice suplimentar de decizie $p_{i_2}^s$, astfel

$$p_{i2}^s = max\ \{(l_{fsh} \multimap p_{h1}^s);\ \ldots;\ (l_{fsj} \multimap p_{i1}^s);\ (h, \ldots, j) \in i\} \tag{6.31}$$

mașina $\{m_i\} \multimap p_{i2}^s$ se așază în programul de deservire și se trece la pasul 4.

Pasul 4. Se calculează pentru mașina $\{m_i\}$, din programul de deservire, următoarele:

E.4.1. Momentul de începere a deservirii mașinii $\{m_i\}$, conform succesiunii s, utilizînd relația

$$S_{ei}^s = max\ (T_{e(i-1)}^s;\ T_{fi}^{s-k}), \tag{6.32}$$

în care:

$T^s_{e(i-1)}$ este momentul în care executantul este liber să deservească mașina $\{m_i\}$ din succesiunea s;

T^{s-k}_{fi} — momentul cînd funcționarea utilă a mașinii $\{m_i\}$ s-a terminat în succesiunea $(s-k)$.

E.4.2. Momentul cînd deservirea de către executant a mașinii $\{m_i\}$ s-a terminat rezultă din

$$T^s_{ei} = S^s_{ei} + t_{exi}. \tag{6.33}$$

E.4.3. Momentul începerii funcționării utile a mașinii $\{m_i\}$, în cadrul succesiunii s, este dat de relația

$$S^s_{fi} = T^s_{ei}. \tag{6.34}$$

E.4.4. Momentul terminării funcționării utile a mașinii $\{m_i\}$ din succesiunea s este dat de relația

$$T^s_{fi} = S^s_{fi} + t_{fi}. \tag{6.35}$$

E.4.5. Se determină pentru a doua și următoarele deserviri timpul de așteptare a executantului și timpul de așteptare (timp de interferență) a mașinii $\{m_i\}$ pentru a fi deservită, conform succesiunii s, folosindu-se relațiile

$$\Delta T^s_i = T^s_{e(i-1)} - T^{s-k}_{fi}; \tag{6.36}$$

dacă $\Delta T^s_i > 0$ atunci mașina $\{m_i\}$ așteaptă să fie deservită în cadrul succesiunii s.

Timpul de așteptare a mașinii se calculează astfel:

$$T^{as}_{fi} = T^s_{e(i-1)} - T^{s-k}_{fi}; \tag{6.37}$$

dacă $\Delta T^s_i < 0$ atunci executantul așteaptă pentru a deservi mașina $\{m_i\}$, în cadrul succesiunii s.

Timpul de așteptare a executantului se calculează astfel:

$$T^{as}_{ei} = T^{s-k}_{fi} - T^s_{e(i-1)}; \tag{6.38}$$

dacă $\Delta T^s_i = 0$ atunci în cadrul deservirii mașinii $\{m_i\}$, în succesiunea s nu există timpi de așteptare a mașinii și nici timpi de așteptare a executantului.

E.4.6. Timpi de așteptare a executantului și a mașinilor în ordinea de deservire, în ultimele două cicluri consecutive $\{(C-1)\ \ C\}$ se compară astfel

$$\begin{array}{cccccc}
 & m_g & (T^{as}_{eg})_{c-1}; & (T^{as}_{eg})_c; & (T^{as}_{fg})_{c-1}; & (T^{as}_{fg})_c \\
\downarrow & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 & m_i & (T^{as}_{ei})_{c-1}; & (T^{as}_{ei})_c; & (T^{as}_{fi})_{c-1}; & (T^{as}_{fi})_c \\
\downarrow & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 & m_k & (T^{as}_{ek})_{c-1}; & (T^{as}_{ek})_c; & (T^{as}_{fk})_{c-1}; & (T^{as}_{fk})_c,
\end{array} \tag{6.39}$$

Scanned with OKEN Scanner

dacă

$$\exists\,!\ \{[(T_{ei}^{as})_{c-1} \neq (T_{ei}^{as})_c] \wedge [(T_{fi}^{as})_{c-1} \neq (T_{fi}^{as})_c]\},\quad i=\overline{1,\ n}, \tag{6.40}$$

atunci se trece la pasul 3;
dacă

$$\forall\ \{[(T_{ei}^{as})_{c-1} = (T_{ei}^{as})_c] \wedge [(T_{fi}^{as})_{c-1} = (T_{ei}^{as})_c]\},\quad i=\overline{1,\ n}, \tag{6.41}$$

înseamnă că programul de deservire s-a stabilizat și va fi identic în următoarele cicluri. Se trece la E.4.6.1.

S-a notat cu:

$\exists\,!$ — există unul singur;
$\forall$ — pentru orice;
$\wedge$ — simbol logic „și";

$(T_{ei}^{as})_{c-1}$; $(T_{ei}^{as})_c$ — timpii de așteptare a executantului în cadrul ciclului $(c-1)$, respectiv c;

$(T_{fi}^{as})_{c-1}$; $(T_{fi}^{as})_c$ — timpii de așteptare a mașinii m_i $(i=\overline{1,\ n})$ în cadrul ciclului $(c-1)$, respectiv c.

E.4.6.1. Se editează ordinea de succesiune a deservirii mașinilor $\{m_i\}$, $=\overline{1,\ n}$.

E.4.6.2. Se calculează timpii totali de așteptare a executantului (T_{ec}^{a}) și timpul total de așteptare a mașinilor (T_{fc}^{a}) în cadrul unui ciclu de deservire, astfel

$$T_{e_c}^{a} = \sum_{i=1/\forall i \in c}^{n} (T_{ei}^{as})_c \tag{6.42}$$

și

$$T_{f_c}^{a} = \sum_{i=1/\forall i \in c}^{n} (T_{fi}^{as})_c.$$

E.4.6.3. Se oprește algoritmul.

Programarea deservirii cu ajutorul algoritmului elaborat se poate face fie cu ajutorul calculelor obișnuite, fie folosind calculatorul electronic. Pentru modul de aplicare se dă următorul exemplu:

6.4.1. EXEMPLU DE CALCUL

Pasul 0. Datele inițiale ale programării polideservirii sînt date în tabelul 6.14. Pe baza datelor din tabel se poate trece la rezolvarea temei.

Pasul 1. Se calculează numărul convențional de mașini, cu ajutorul relației 6.2.3

$$m_c = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{t_{c\ mas}}{t_{ei}} \right|;$$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.14

Datele inițiale ale deservirii mașinilor

Timpii unitari a polideservirii	Codul mașinilor m_i		
	1	2	3
t_{ei}	1,0	0,5	2,0
t_{fi}	6,0	2,0	7,0

se calculează t_{ci}

$$t_{c1}=1+6=7,\ t_{c2}=0,5+2=2,5,\ t_{c3}=2+7=9,\ t_{c_{max}}=t_{c3}=9,$$

$m_c=\left|\frac{9}{4}\right|+\left|\frac{9}{2,5}\right|+\left|\frac{9}{9}\right|=1+3+1=5$ mașini convenționale. În cadrul ciclului se vor efectua 5 deserviri; cîte o deservire la mașinile m_1 și m_3 și trei deserviri la mașina m_2.

Pasul 2. Pentru începerea polideservirii m_i $(i=\overline{1, 3})$ se procedează astfel:

E.2.1. Se caută:

$$t_{ex_g}=\min_i \{t_{ex_i}\}=\min (1,0\ ;\ 0,5\ ;\ 2,0)=0,5 \multimap m_2.$$

E.2.2. Mașina m_2 este prima mașină deservită; se notează în tabelul 6.15.

E.2.1. Se repetă pentru mașinile $(m_1\ ;\ m_3)$;

$$t_{ex_g}=min\ (1,0\ ;\ 2,0)=1,0 \multimap m_1,$$

deci ordinea de începere a polideservirii va fi: $m_2 \to m_1 \to m_3$; se completează în tabelul 6.15 și se trece la pasul 4.

Pasul 4. Se calculează programul de începere a deservirii:

— mașina m_2

E.4.1. Momentul începerii deservirii este

$$S^1_{e2}=max\ (0,\ 0)=0.$$

E.4.2. Momentul terminării deservirii

$$T^1_{e2}=0+0,5=0,5.$$

E.4.3. Momentul începerii funcționării fără supraveghere

$$S'_{f2}=T_{e2}=0,5.$$

E.4.4. Momentul terminării funcționării mașinii m_2

$$T''_{f2}=0,5+2,0=2,5;$$

rezultatele se completează în tabelul 6.15.

Tabelul 6.15

Programarea deservirii

Succesiunea S_{fi}	Cod mașină deservită m_i	S_{ei}	$T_{ei}=S_{fi}$	T_{fi}	T^a_{ei}	T^a_{fi}	Observații
1	m_2	0	0,5	2,5	—	—	Începerea
2	m_1	0,5	1,5	7,5	—	—	deservirii
3	m_3	1,5	3,5	10,5	—	—	
4	m_2	3,5	4,0	6,0	—	1,0	
5	m_2	6,0	6,5	8,5	2,0	—	
6	m_1	7,5	8,5	14,5	1,0	—	
7	m_2	8,6	9,0	11,0	—	—	
8	m_3	10,5	12,5	19,5	1,5	—	Terminat ciclul 2
9	m_2	12,5	13,0	15,0	—	1,5	
10	m_1	14,5	15,5	21,5	1,5	—	
11	m_2	15,5	16,0	18,0	—	0,5	
12	m_2	18,0	18,5	20,5	2,0	—	
13	m_3	19,5	21,5	28,5	1,0	—	Terminat ciclul 3
14	m_2	21,5	22,0	24,0	—	1,0	
15	m_1	22,0	23,0	29,0	—	0,5	
16	m_2	24,0	24,5	26,5	1,0	—	
17	m_2	26,5	27,0	29,0	2,0	—	
18	m_3	28,5	30,5	37,5	1,5	—	Terminat ciclul 4
19	m_2	30,5	31,0	33,0	—	1,5	
20	m_1	31,0	32,0	38,0	—	2,0	
21	m_2	33,0	33,5	35,5	1,0	—	
22	m_2	35,5	36,0	38,0	2,0	—	
23	m_3	37,5	39,5	46,5	1,5	—	Terminat ciclul 5
24	m_2	39,5	40,0	42,0	—	1,5	
25	m_1	40,0	41,0	47,0	—	2,0	
26	m_2	42,0	42,0	42,5	1,5	—	
27	m_2	44,5	45,0	47,0	2,0	—	
28	m_3	46,5	48,5	55,5	1,5	—	Terminat ciclul 6

Scanned with OKEN Scanner

— *mașina* m_1

E.4.1.

$$S^2_{c1} = max\ (0{,}5\ ;\ 0) = 0{,}5.$$

E.4.2.

$$T^2_{c1} = 0{,}5 + 1{,}0 = 1{,}5.$$

E.4.3.

$$S^2_{f1} = T_{c1} = 1{,}5.$$

E.4.4.

$$T^2_{f1} = 1{,}5 + 6{,}0 = 7{,}5\ ;$$

se notează în tabelul 6.15

— *mașina* m_3

E.4.1.

$$S^3_{c3} = max\ (1{,}5\ ;\ 0) = 1{,}5.$$

E.4.2.

$$T^3_{c3} = 1{,}5 + 2{,}0 = 3{,}5.$$

E.4.3.

$$S^3_{f3} = T_{c3} = 3{,}5.$$

E.4.4.

$$T^3_{f3} = 3{,}5 + 7{,}0 = 10{,}5\ ;$$

datele se completează în tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3. Determinăm ordinea de prioritate a descrierii mașinilor din ciclu.

E.3.1. Se calculează indicele de prioritate

$$p^4_l = min\ (2{,}5\ ;\ 7{,}5\ ;\ 10{,}5) = 2{,}5 \text{—}\ominus\text{→}\ m_2\ ;$$

mașina m_2 trece în succesiunea a 4-a.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— *mașina* m_2

E.4.1.

$$S^4_{c2} = max\ (3{,}5 : 2{,}5) = 3{,}5.$$

E.4.2.

$$T^4_{c2} = 3{,}5 + 0{,}5 = 4{,}0.$$

E.4.3.

$$S^4_{f2} = T^4_{c2} = 4{,}0.$$

Scanned with OKEN Scanner

E.4.4.

$$T^4_{f2}=4,0+2,0=6,0.$$

E.4.5.

$\Delta T^4_2=3,5-2,5=1,0>0$, mașina m_2 așteaptă deservirea $T^{e4}_{f2}=1,0$ datele obținute completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p^5_i=min\,[7,5\ ;\ 10,5\ :\ 6,0]=6,0\ \text{—}\ominus\rightarrow m_2$

mașina m_2 este în succesiunea a 5-a.

E.3.2. se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S^5_{e2}=max\,(4,0\ ;\ 6,0)=6,0.$

E.4.2. $T^5_{e2}=6,0+0,5=6,5.$

E.4.3. $S^5_{f2}=6,5.$

E.4.4. $T^5_{f2}=6,5+2,0=8,5.$

E.4.5.

$\Delta T^5_2=4,0-6,0=-2,0<0$: executantul așteaptă deservirea $T^{a_5}_{e2}=2,0$; rezultatele se trec în tabelul 6.15, se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1.

$$p^6_i=min\,\{7,5\ ;\ 10,5\ ;\ 8,5\}=7,5\ \ominus\rightarrow m_1,$$

mașina m_1 intră în succesiune a 6-a de deservire.

E.3.2. se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_1

E.4.1. $S^6_{e1}=max\,\{6,5\ ;\ 7,5\}=7,5.$

E.4.2. $T^6_{e1}=7,5+1,0=8,5.$

E.4.3. $S^6_{f1}=8,5.$

E.4.4. $T^6_{f1}=8,5+6,0=14,5.$

Scanned with OKEN Scanner

E.4.5.

$\Delta T_1^6 = 6{,}5 - 7{,}5 = -1{,}0 < 0$, executantul așteaptă să deservească mașina, $T_1^{a6} = 1{,}0$; datele rezultate completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^7 = min\ \{10{,}5 : 8{,}5 ; 14{,}5\} = 8{,}5 - \ominus \rightarrow m_2$

mașina m_2 intră în succesiunea a 7-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^7 = max\ [8{,}5 ; 8{,}5] = 8{,}5.$

E.4.2. $T_{e2}^7 = 8{,}5 + 0{,}5 = 9{,}0.$

E.4.3. $S_{f2}^7 = 9{,}0.$

E.4.4. $T_{f2}^7 = 9{,}0 + 2{,}0 = 11{,}0.$

E.4.5. $\Delta T_2^7 = 8{,}5 - 8{,}5 = 0,$

$$T_{e2}^{a7} = T_{f2}^{a7} = 0,$$

datele completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^8 = min\ \{10{,}5 ; 14{,}5 ; 11{,}0\} = 10{,}5 - \ominus \rightarrow m_3$, mașină m_3 este în a 8-a succesiune de deservire.

E.3.2. se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_3

E.4.1. $S_{e3}^8 = max\ \{9{,}0 ; 10{,}5\} = 10{,}5.$

E.4.2. $T_{e3}^8 = 10{,}5 + 2{,}0 = 12{,}5.$

E.4.3. $S_{f3}^8 = 12{,}5.$

E.4.4. $T_{f3}^8 = 12{,}5 + 7{,}0 = 19{,}5.$

E.4.5. $\Delta T_3^8 = 9{,}0 - 10{,}5 = -1{,}5 < 0$, executantul așteaptă la deservirea mașinei m_3, $T_{e3}^{a8} = 1{,}5$, datele obținute completează tabelul 6.15. Se trece la pasul 3.

Scanned with OKEN Scanner

Pasul 3

E.3.1.

$$p_i^9 = min\ \{14,5\ ;\ 11,0\ ;\ 19,5\} = 11,0 \text{ -}\ominus\rightarrow m_2,$$

mașina m_2 intră în succesiunea a 9-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^9 = max\ \{12,5 : 11,0\} = 12,5.$

E.4.2. $T_{e2}^9 = 12,5 + 0,5 = 13,0.$

E.4.3. $S_{f2}^9 = 13,0.$

E.4.4. $T_{f2}^9 = 13,0 + 2,0 = 15,0.$

E.4.5.

$\Delta T_2^9 = 12,5 - 11,0 = 1,5 > 0$; mașina m_2 așteaptă deservirea

$$T_{f2}^{a9} = 1,5\ ;$$

datele obținute completează tabelul 6.15. Se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{10} = min\ \{14,5;\ 19,5;\ 15,0\} = 14,5 \text{ -}\ominus\rightarrow m_1$, mașina m_1 intră în succesiunea a 10-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_1

E.4.1. $S_{e1}^{10} = max\ \{13,0\ ;\ 14,5\} = 14,5.$

E.4.2. $T_{e1}^{10} = 14,5 + 1,0 = 15,5.$

E.4.3. $S_{f1}^{10} = 15,5.$

E.4.4. $T_{f1}^{10} = 15,5 + 6,0 = 21,5.$

E.4.5. $\Delta T_1^{10} = 13,0 - 14,5 = -1,5 < 0$; executantul așteaptă pentru a deservi mașina m_1, $T_1^{a10} = 1,5$;

Datele rezultate completează tabelul 6.13 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{11} = min\ \{19,5\ ;\ 15,0\ ;\ 21,5\} = 15,0 \text{ -}\ominus\rightarrow m_2$, mașina m_2 intră în succesiunea 11 de deservire.

Scanned with OKEN Scanner

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{11}=max\ \{15.5\ ;\ 15,0\}=15,5.$

E.4.2. $T_{e2}^{11}=15,5+0,5=16,0.$

E.4.3. $S_{f2}^{11}=16,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{11}=16,0+2,0=18,0.$

E.4.5. $\Delta T_2^{11}=15,5-15,0=0,5>0$; mașina m_2 așteaptă deservirea $T_{f2}^{a11}=0,5$; cu aceste date se completează tabelul 6.15 se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{12}=min\ \{19,5\ ;\ 21,5\ ;\ 18,0\}=18,0 \multimap m_2.$

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{12}=max\ \{16,0\ ;\ 18,0\}=18,0.$

E.4.2. $T_{e2}^{12}=18,0+0,5=18,5.$

E.4.3. $S_{f2}^{12}=18,5.$

E.4.4. $T_{f2}^{12}=18,5+2,0=20,5.$

E.4.5. $\Delta T_2^{12}=16,0-18,0=-2,0<0$; executantul așteaptă pentru a deservi mașina m_2, $T_{e2}^{a12}=2,0$; datele rezultate completează tabelul 6.15, se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{13}=min\ \{19,5\ ;\ 21,5\ :\ 20,5\}=19,5 \multimap m_3$, mașina m_3 intră în succesiunea 13 de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e3}^{13}=max\ \{18,5\ ;\ 19,5\}=19,5.$

E.4.2. $T_{e3}^{13}=19,5+2,0=21,5.$

E.4.3. $S_{f3}^{13}=21,50.$

E.4.4. $T_{f3}^{13}=21,5+7,0=28,5.$

Scanned with OKEN Scanner

E.4.5. $\Delta T_3^{13}=18,5-19,5=-1,0<0$, rezultă că executantul așteaptă pentru a deservi mașina m_3; $T_3^{a13}=1,0$; cu aceste rezultate se completează tabelul 6.15.

E.4.6. Se compară timpii de așteptare a executantului și a mașinilor în două cicluri consecutive, rezultă că ele diferă.

E.4.6.1. Se trece la pasul 3.

Pasul 3.

E.3.1. $p_i^{14}=min\ \{21,5;\ 20,5;\ 28,5\}=20,5 \multimap m_2$; mașina m_2 intră în succesiunea a 14-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{c2}^{14}=max\ \{21,5;\ 20,5\}=21,5.$

E.4.2. $T_{c2}^{14}=21,5+0,5=22,0.$

E.4.3. $S_{f2}^{14}=22,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{14}=22,0+2,0=24,0.$

E.4.5. $\Delta T_2^{14}=21,5-20,5=1,0>0$; mașina m_2 așteaptă să fie deservită; $T_{f2}^{14}=1,0$; cu aceste date se completează tabelul 6.15; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{15}=min\ \{21,5;\ 28,5;\ 24,0\}=21,5 \multimap m_1$; mașina m_1 intră în succesiunea 15 de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_1

E.4.1. $S_{c1}^{15}=max\ \{22,0;\ 21,5\}=22,0.$

E.4.2. $T_{c1}^{15}=22,0+1,0=23,0.$

E.4.3. $S_{f1}^{15}=23,0.$

E.4.4. $T_{f_1}^{15}=23,0+6,0=29,0.$

E.4.5. $\Delta T_1^{15}=22,0-21,5=0,5>0$; mașina m_1 așteaptă deservirea $T_1^{a15}=0,5$; aceste date completează tabelul 6.15; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{16}=min\ \{28,5;\ 24,0;\ 29,0\}=24,0 \multimap m_2$ mașina m_2 va trece în succesiunea a 16-a de deservire; se trece la pasul 4.

Scanned with OKEN Scanner

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{c2}^{16}=max\ \{23,0\ ;\ 24,0\}=24,0.$

E.4.2. $T_{c2}^{16}=24,0+0,5=24,5.$

E.4.3. $S_{f2}^{16}=24,5.$

E.4.4. $T_{f2}^{16}=24,5+2,0=26,5.$

E.4.5. $\Delta T_2^{16}=23,0-24,0=-1,0<0$; executantul așteaptă să deservească mașina m_2 ; $T_2^{a16}=1$; datele de mai sus completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{17}=min\ \{28,5\ ;\ 29,0\ ;\ 26.5\}=26.5 \multimap m_2$; mașina m_2 intră în succesiunea a 17-a de deservire

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{c2}^{17}=max\ \{24,5\ ;\ 26,5\}=26.5$

E.4.2. $T_{c2}^{17}=26,5+0,5=27,0.$

E.4.2. $S_{f2}^{17}=27,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{17}=27,0+2,0=29,0.$

E.4.5. $\Delta T_2^{17}=24,5-26,5=-2,0<0$; executantul așteaptă să deservească mașina m_2 ; $T_{c2}^{a17}=2,0$; aceste date completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{18}=min\ \{28,5\ ;\ 29,0\}=28,5 \multimap m_3$; mașina m_3 intră în succesiunea a 18-a de deservire

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

E.4.1. $S_{c3}^{18}=max\ \{27,0\ ;\ 28,5\}=28,5.$

E.4.2. $T_{c3}^{18}=28,5+2,0=30,5.$

E.4.3. $S_{f3}^{18}=30,5.$

E.4.4. $T_{f3}^{18}=30,5+7=37,5.$

Scanned with OKEN Scanner

E.4.5. $\Delta T_3^{18}=27,0-28,5=-1,5<0$; rezultă că executantul așteaptă pentru a deservi mașina m_3 ; $T_{c2}^{a18}=1,5$.

E.4.6. Se compară timpii de așteptare a executantului și a mașinilor în ultimele două cicluri consecutive, rezultă că ele diferă.

E.4.6.1. Se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{19}=min\ \{29,0\ ;\ 29,0\ ;\ 37,5\}=29,0 \multimap (m_1\ ;\ m_2)$; se trece la E.3.3.

E.3.3. $p_{i1}^{19}=min\ \{1,0\ ;\ 0,5\}=0,5 \multimap m_2$; mașina m_2 intră în succesiunea a 19-a cu deservire ; se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2 :

E.4.1. $S_{c2}^{19}=max\ \{30,5\ ;\ 29,0\}=30,5$.

E.4.2. $T_{c2}^{19}=30,5+0,5=31,0$.

E.4.3. $S_{f2}^{19}=31,0$.

E.4.4. $T_{f2}^{19}=31,0+2,0=33,0$.

E.4.5. $\Delta T_2^{19}=30,5-29,0=1,5>0$; rezultă că mașina m_2 așteaptă $T_{f2}^{a19}=1,5$ pentru a fi deservită ; cu aceste date se completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{20}=max\ \{29,0\ ;\ 37,5\ ;\ 33,0\}=29,0 \multimap m_1$; mașina m_1 intră în succesiunea a 20-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_1 :

E.4.1. $S_{c1}^{20}=max\ \{31,0\ ;\ 29,0\}=31,0$.

E.4.2. $T_{c1}^{20}=31,0+1,0=32,0$.

E.4.3. $S_{f1}^{20}=32,0$.

E.4.4. $T_{f1}^{20}=32,0+6,0=38,0$.

E.4.5. $\Delta T_1^{20}=31,0-29,0=2,0>0$; mașina m_1 așteaptă $T_{f1}^{a20}=2,0$ pentru a fi deservită.

Datele acestea completează tabelul 6.15. Se trece la pasul 3.

Scanned with OKEN Scanner

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{21}=min\ \{37,5\ ;\ 33,0\ ;\ 38,0\}=33,0 \text{–}\ominus\rightarrow m_2$; mașina m_2 întrece în succesiunea a 21-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{21}=max\ \{32,0\ ;\ 33,0\}=33,0.$

E.4.2. $T_{e2}^{21}=33,0+0,5=33,5.$

E.4.3. $S_{f2}^{21}=33,5.$

E.4.4. $T_{f2}^{21}=33,5+2,0=35,5.$

E.4.5. $\Delta T_2^{21}=32,0-33,0=-1,0<0$; executantul așteaptă $T_2^{a21}=1,0$ pentru a deservi mașina m_2;

aceste date completează tabelul 6.15; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{22}=min\ \{37,5\ ;\ 38,0\ ;\ 35,5\}=35,5 \text{–}\ominus\rightarrow m_2$; rezultă că mașina m_2 intră în succesiunea a 22-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{22}=max\ \{33,5\ ;\ 35,5\}=35,5.$

E.4.2. $T_{e2}^{22}=35,5+0,5=36,0.$

E.4.3. $S_{f2}^{22}=36,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{22}=36,0+2,0=38,0.$

E.4.5. $\Delta T_2^{22}=33,5-35,5=-2,0<0$; executantul așteaptă $T_{e2}^{a22}=2,0$, pentru a deservi mașina m_2; cu aceste date se completează tabelul 6.15; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.11. $p_i^{23}=min\ \{37,5\ ;\ 38,0\ ;\ 38,0\}=37,5 \text{–}\ominus\rightarrow m_3$; mașina m_3 intră în succesiunea a 23-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4.

— mașina m_3

Scanned with OKEN Scanner

E.4.1. $S_{e3}^{23}=max\ \{36,0\ ;\ 37,5\}=37,5.$

E.4.2. $T_{e3}^{23}=37,5+2,0=39,5.$

E.4.3. $S_{f3}^{23}=39,5.$

E.4.4. $T_{f3}^{23}=39,5+7,0=36,5.$

E.4.5. $\Delta T_3^{24}=36,0-37,5=-1,5<0$; executantul așteaptă T_{e3}^{a24} ; cu datele rezultate din calcule se completează tabelul 6.15.

Terminat ciclul.

E.4.6. Se compară timpii de așteptare a executantului și a mașinilor în ultimele două cicluri și pe fiecare deservire în parte, rezultă că ele diferă.

E.4.6.1. Se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{24}=min\ \{38,0\ ;\ 38,0\ ;\ 46,5\}=38,0 \text{-}\ominus\rightarrow (m_1\ ;\ m_2)$. se trece la E.3.3.

E.3.3. $p_i^{24}=min\ \{1,0\ ;\ 0,5\}=0,5 \text{-}\ominus\rightarrow m_2$, mașina m_2 intră în succesiunea a 24-a de deservire ; se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{24}=max\ \{39,5\ ;\ 38,0\}=39,5.$

E.4.2. $T_{e2}^{24}=39,5+0,5=40,0.$

E.4.3. $S_{f2}^{24}=40,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{24}=40,0+2,0=42,0.$

E.4.5. $\Delta T_2^{24}=39,5-38,0=1,5>0$; rezultă că mașina m_2 așteaptă $T_2^{a24}=1,5$ pentru a fi deservită ; cu aceste date se completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{25}=min\ \{38,0\ ;\ 46,5\ ;\ 42,0\}=38,0 \text{-}\ominus\rightarrow m_1$; mașina m_1 intră în succesiunea a 25-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

E.4.1. $S_{e1}^{25}=max\ \{40,0\ ;\ 38,0\}=40,0.$

E.4.2. $T_{e1}^{25}=40,0+1,0=41,0.$

E.4.3. $S_{f1}^{25}=41,0.$

E.4.4. $T_{f1}^{25}=41,0+6,0=47.$

Scanned with OKEN Scanner

E.4.5. $\Delta T_1^{25}=40,0-38,0=2,0>0$; de unde mașina m_1 așteaptă $T_1^{a25}=2,0$ să fie deservită ; cu aceste date se completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{26}=min\ \{46,5\ ;\ 42,0\ ;\ 47,0\}=42,0 \rightarrow m_2$. mașina m_2 intră în succesiunea a 26-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4.

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{26}=max\ \{41,0\ ;\ 42,0\}=42,0.$

E.4.2. $T_{e2}^{26}=42,0+0,5=42,5.$

E.4.3. $S_{f2}^{26}=42,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{26}=42,5+2,0=44,5.$

E.4.5. $\Delta T_2^{26}=41,0-42,0=-1<0$, înseamnă că executantul așteaptă $T_{e2}^{a26}=1,0$ pentru a deservi mașina m_1 ; cu aceste date se completează tabelul 6.15 ; se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{27}=min\ \{46,5\ ;\ 47,0\ ;\ 44,5\}=44,5 \rightarrow m_2$, mașina m_2 intră în succesiunea a 27-a de deservire.

E.3.2. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

— mașina m_2

E.4.1. $S_{e2}^{27}=max\ \{42,5\ ;\ 44,5\}=44,5.$

E.4.2. $T_{e2}^{27}=44,5+0.5=45,0.$

E.4.3. $S_{f2}^{27}=45,0.$

E.4.4. $T_{f2}^{27}=45,0+2,0=47,0.$

E.4.5. $\Delta T_2^{27}=42,5-44,5=-2,0<0$; rezultă că executantul așteaptă $T_{e2}^{a27}=2,0$ pentru a deservi mașina m_2 ; cu aceste date se completează tabelul 6.15. Se trece la pasul 3.

Pasul 3

E.3.1. $p_i^{28}=min\ \{46,5\ ;\ 47,0\ ;\ 47,0\}=46,5 \rightarrow m_3$. mașina m_3 intră în succesiunea a 28-a de deservire ;

E.3.7. Se trece la pasul 4.

Pasul 4

– mașina m_3

E.4.1. $S_{e3}^{28}=max\{45,0\ ;\ 46,5\}=46,5.$

E.4.2. $T_{e3}^{28}=46,5+2,0=48,5.$

E.4.3. $S_{f3}^{28}=48,5.$

E.4.4. $T_{f3}^{28}=48,5+7,0=55,5$

E.4.5. $\Delta T_3^{28}=45,0-46,5=-1,5<0$; rezultă că executantul așteaptă, $T_{e3}^{a28}=1,5$, pentru a deservi mașina m_3; cu aceste date se completează tabelul 6.15.

Terminat ciclul.

E.4.6. Se compară timpii de așteptare a executantului și a mașinilor în ordinea de deservire în ultimele două cicluri.

Din comparare rezultă stabilizarea ciclului de deservire.

E.4.6.1. Ordinea optimă de deservire a mașinilor este:

$$m_2\rightarrow m_1\rightarrow m_3\rightarrow m_2\rightarrow m_3.$$

4.6.2. Se calculează totalul timpului de așteptare a executantului în cadrul unui ciclu, astfel:

$$T_{ec}^{a}=\sum_{\substack{i=1\\ \forall i\in c}}^{n_c''}(T_{ei}^{as})_c=0+0+1,0+2,0+1,5=4,5\ \text{min.}$$

Se calculează totalul timpului de așteptare a mașinilor în cadrul ciclului de deservire, după cum urmează:

$$T_{fc}^{a}=\sum_{\substack{i=1\\ \forall i\in C}}^{n''}(T_{fi}^{as})_c=1,5+2+0+0+0=3,5\ \text{min.}$$

4.6.3. Se oprește algoritmul.

În tabelul 6.16 se prezintă date comparative pentru timpii de așteptare.

Tabelul 6.16

Date comparative pentru timpii de așteptare

Succesiunea S_c	T_{ei}^{a}		T_{fi}^{a}	
	ciclul 5	ciclul 6	ciclul 5	ciclul 6
m_2	—	—	1,5	1,5
↓				
m_1	—	—	2,0	2,0
↓				
m_2	1,0	1,0	—	—
↓				
m_3	2,0	2,0	—	—
↓				
m_3	1,5	1,5	—	—

Scanned with OKEN Scanner

6.4.2. ELEMENTE DE PROGRAMARE

Diversitatea parametrilor prezenţi în procesul de prelucrare pe maşini prezintă probleme specifice pentru programarea în condiţii de eficienţă a deservirii mai multor posturi de lucru. Pentru rezolvarea problemei se pot folosi diverse metode de optimizare.

Organizarea datelor

Pentru lărgirea posibilităţilor de alegere a unei metode corespunzătoare se prezintă în continuare un algoritm euristic cu posibilităţi mai largi de aplicare. Pentru pregătirea aplicării se prezintă modul de organizare a datelor necesare.

Pentru timpul necesar executantului şi timpul de funcţionare al maşinilor se preiau date de pe cel mult trei cartele. De pe fiecare cartelă se vor prelua date pentru cel mult opt maşini, ceea ce înseamnă că programul este scris pentru cel mult 24 maşini. Macheta cartelei se prezintă în fig. 6.4

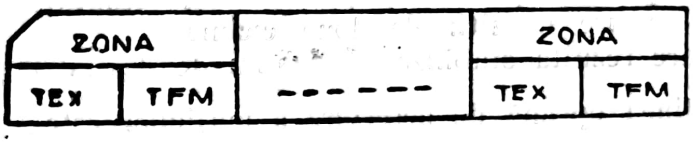


Fig. 6.4. Macheta de cartelă.

TEX — timpul de deservire al executantului.

TFM — timpul de funcţionare al maşinii fără supraveghere.

De pe cartela parametru, fig. 6.5, se preia numărul de maşini.

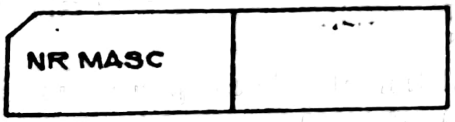


Fig. 6.5. Cartela parametru.

Pentru efectuarea calculelor şi reţinerea rezultatelor intermediare, în cadru fiecărui pas al algoritmului se folosesc următoarele zone ajutătoare :

TAB1 cu structura : — NRSUC — numărul de succesiune al maşinii ;
— NRMAS — numărul maşinii ;
— MØMI — momentul de începere al deservirii ;
— TERMDES — momentul de terminare al deservirii ;
— TFUNCT — timpul de terminare al deservirii;
— TASEX — timpul de aşteptare al executantului ;
— TASMAS — timpul de aşteptare al maşinii.

TAB2 are structura ca şi TAB1

TAB2 — NRSUC2 ;
— NRMAS2 ;
— MØMI2 ;
— TERMDES2 ;
— TFUNCT 2 ;
— TASEX 2 ;
— TASMAS 2.

Scanned with OKEN Scanner

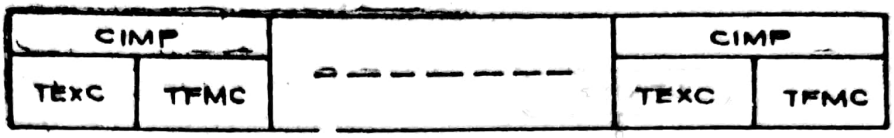


Fig. 6.6. Tabel pentru date culese după cartelă.

TAB3 conţinînd datele citite de pe cartele are forma din fig. 6.6.
TEXC — timpul executantului;
TFML 2 — timpul de funcţionare al maşinii;
Zona cîmp se repetă de cel mult de 24 de ori.
TAB4 — conţine pe lîngă timpul executantului şi timpul de funcţionare al maşinii şi numărul de maşini. În fig. 6.7 se prezintă forma TAB4.

Fig. 6.7. Tabel pentru timpii executantului şi de funcţionare ai maşinilor.

IND 2 — conţine numărul de maşini.
Zona CÎMP 1 se repetă de mult 24 ori.
TAB 5 — conţine timpul de terminare şi funcţionare al maşinii fără supraveghere şi numărul de maşini, fig. 6.8.

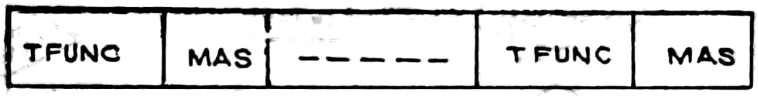


Fig. 6.8. Tabel pentru timpul de terminare şi de funcţionare fără supraveghere.

TFUNC — timp de terminare şi funcţionare al maşinii fără supraveghere.
MAS — numărul de maşini.
Aceste cîmpuri se repetă de cel mult 24 de ori.

Deoarece în cadrul unui pas al ciclului o maşină poate fi deservită de mai multe ori, este necesar să se calculeze cîte maşini se pot deservi luînd în considerare aceste repetări. În acest scop se folosesc zonele:

PERIOADA tabel de forma din fig. 6.9.

Cîmpul PER se repetă cel mult de 24 ori şi reprezintă suma dintre timpul executantului şi de funcţionare al unei maşini.

CITURI fig. 6.10.

Zona CIT — se repetă de cel mult 24 ori şi indică numărul de repetiţii al unei maşini în cadrul ciclului.

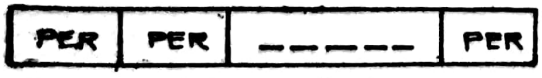


Fig. 6.9. Tabel perioade de deservire.

Fig. 6.10. Tabel număr de repetiţii.

6.4.3. SCHEMA LOGICĂ

Schema logică se prezintă în figurile 6.11, $S_I \ldots S_{XIII}$ iar rezultatul calculului în anexa II.

Schema 1

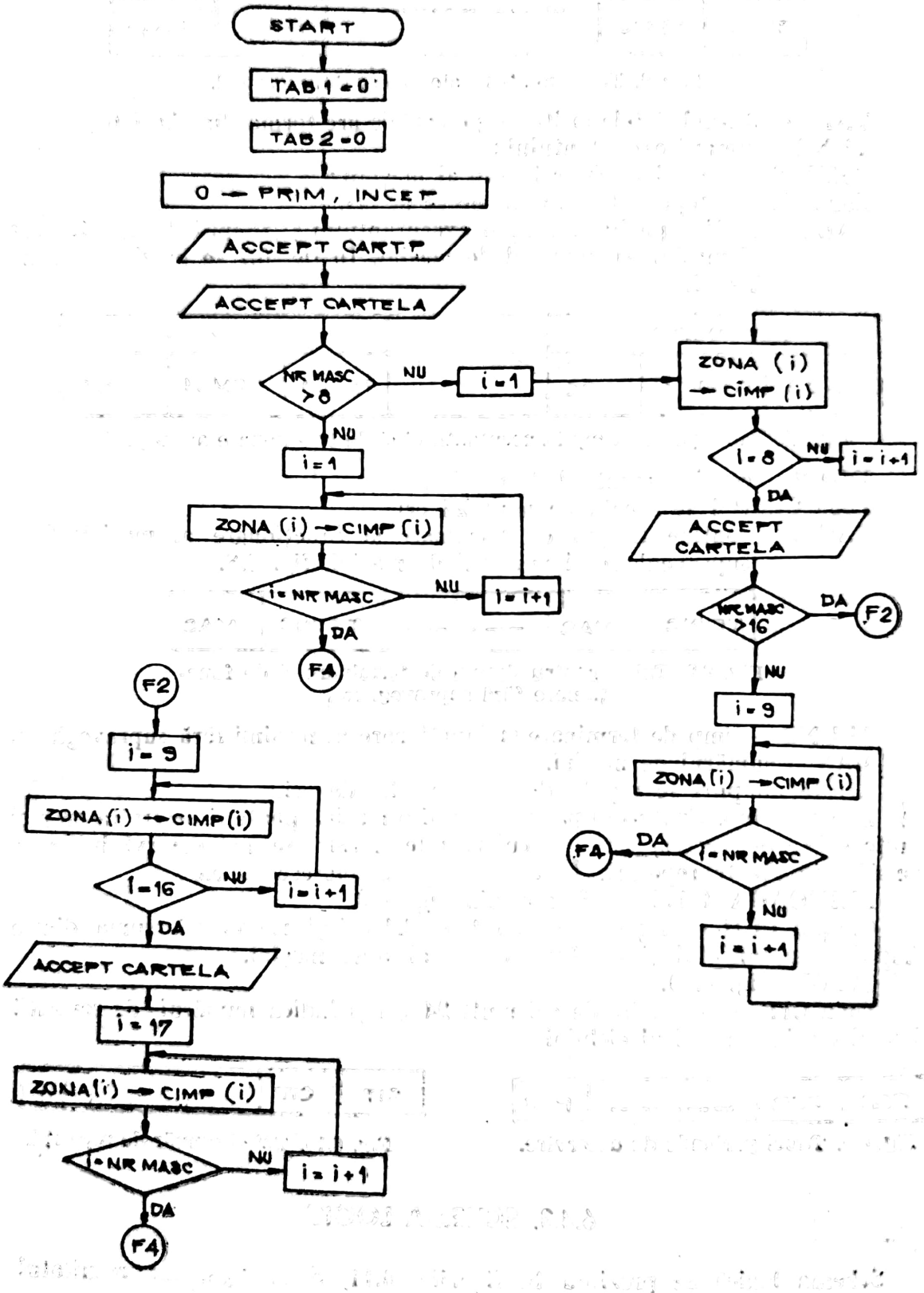
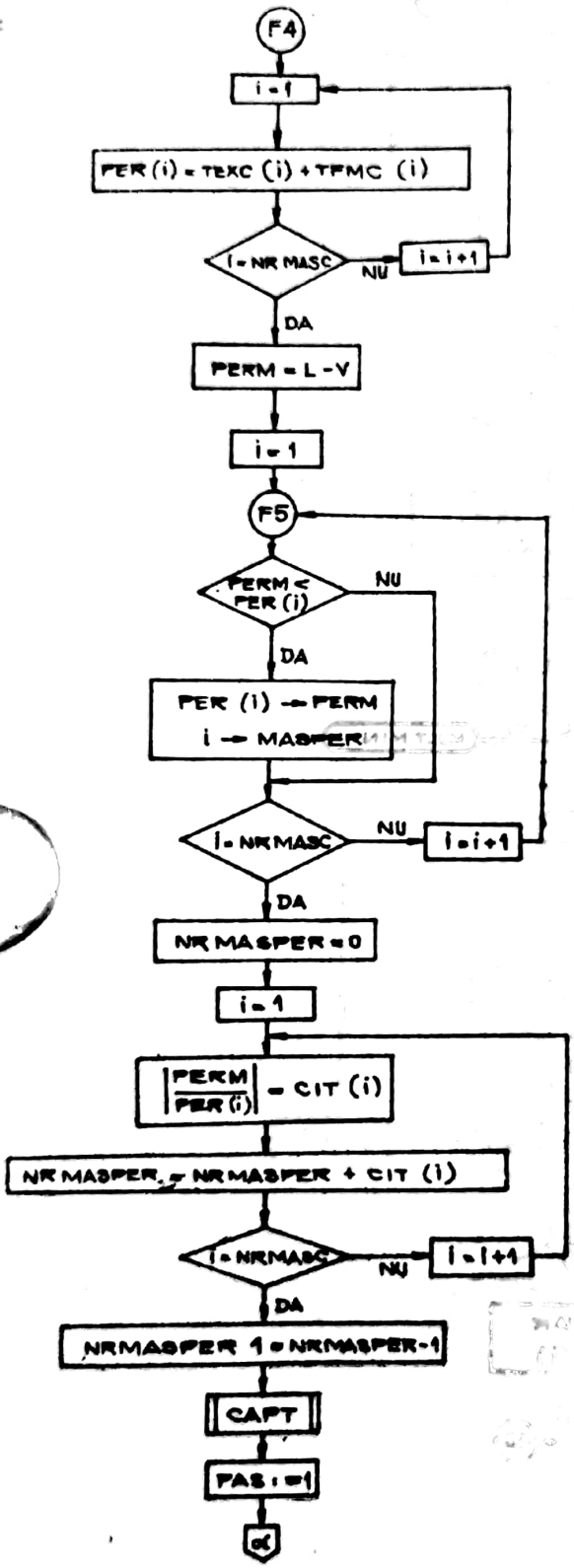


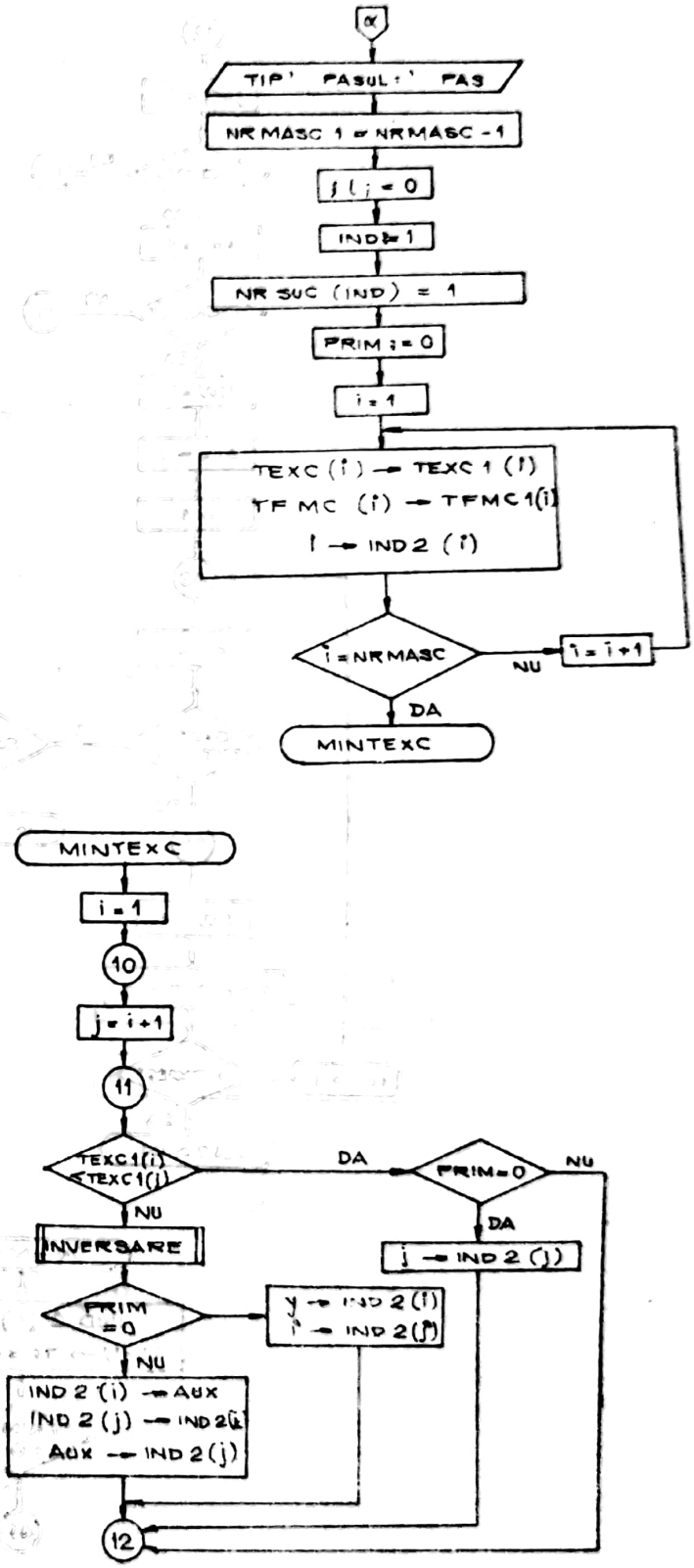
Fig. 6.11 Schema logică $S_1 \ldots S_{DIII}$

Scanned with OKEN Scanner

Schema 2

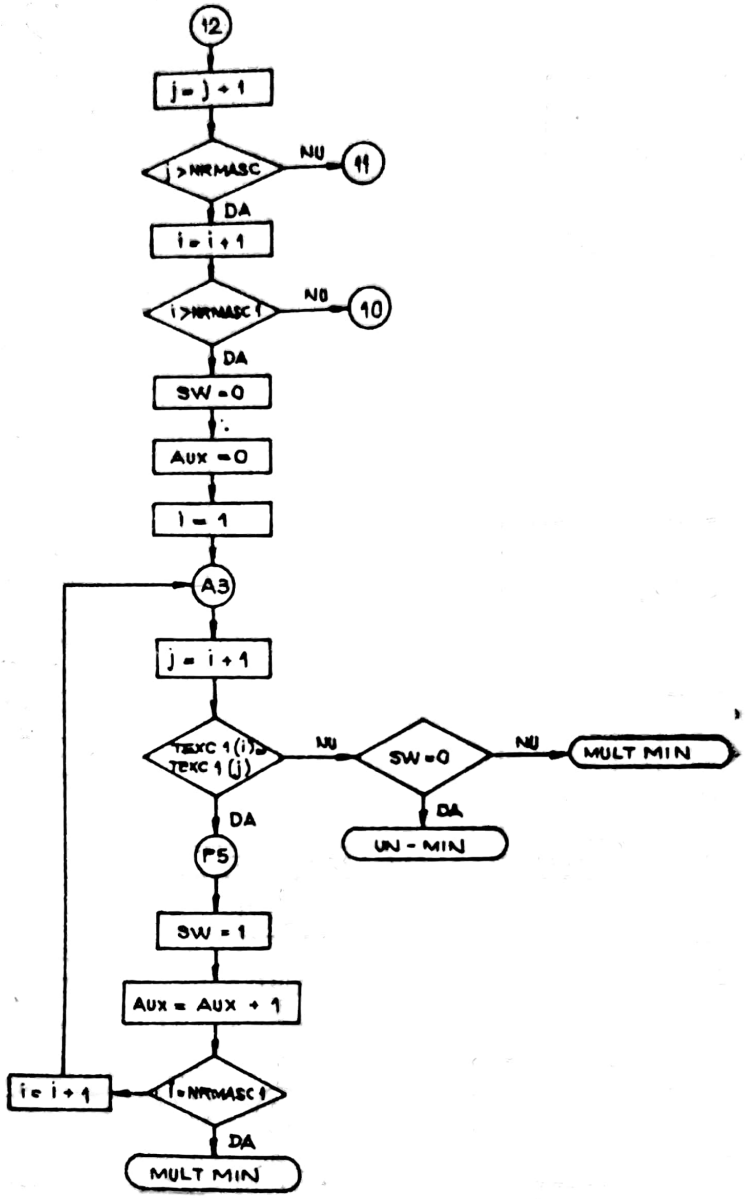


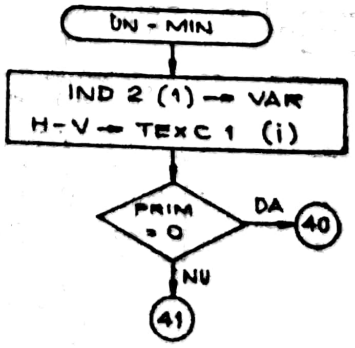
Schema 3



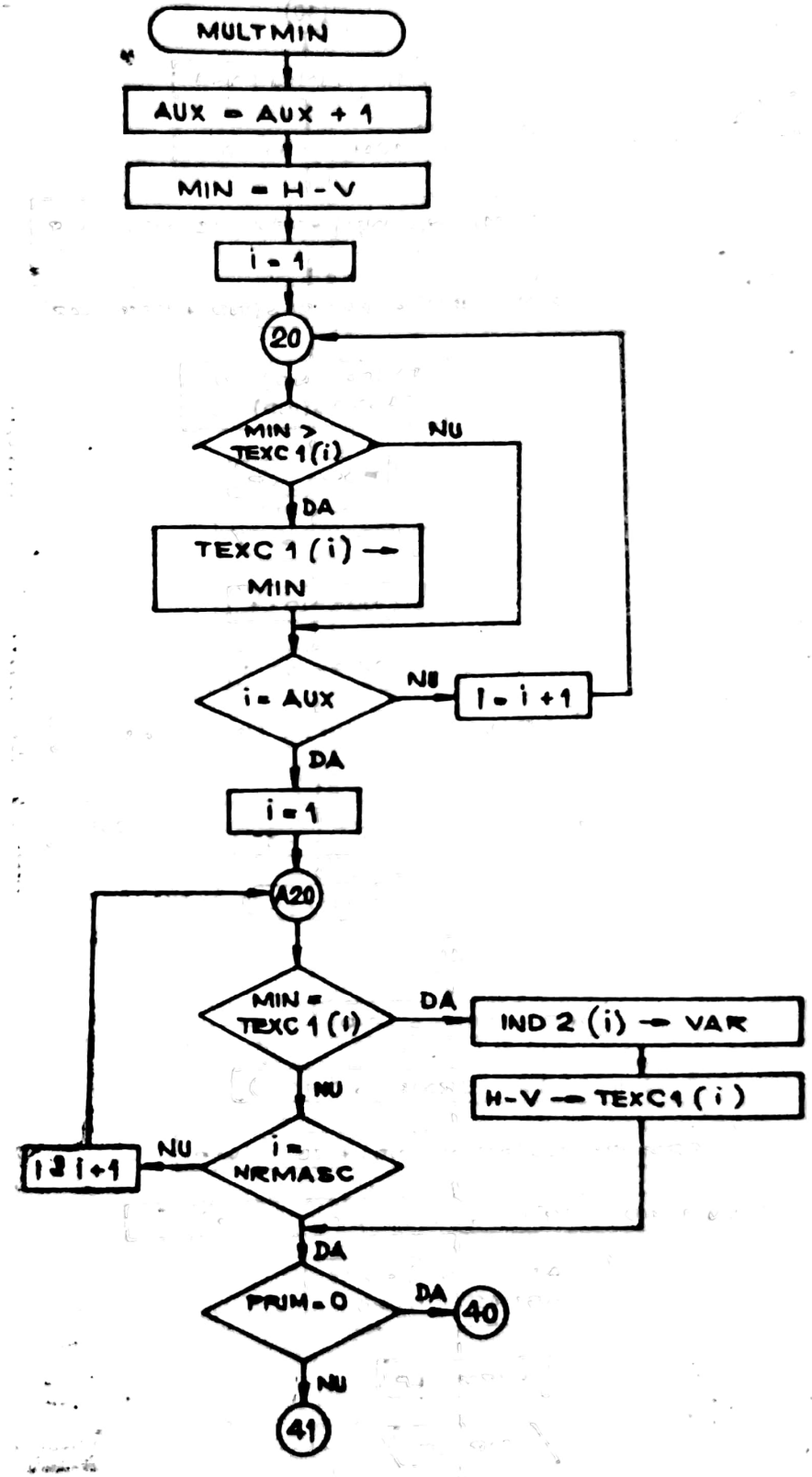
Scanned with OKEN Scanner

Schema 4


12
j = j + 1
j > NRMASC
NU
11
DA
i = i + 1
i > NRMASC
NU
10
DA
SW = 0
Aux = 0
l = 1
A3
j = i + 1
TEXC 1 (i) > TEXC 1 (j)
NU
SW = 0
NU
MULT MIN
DA
UN - MIN
DA
P5
SW = 1
Aux = AUX + 1
i = i + 1
l = NRMASC
DA
MULT MIN

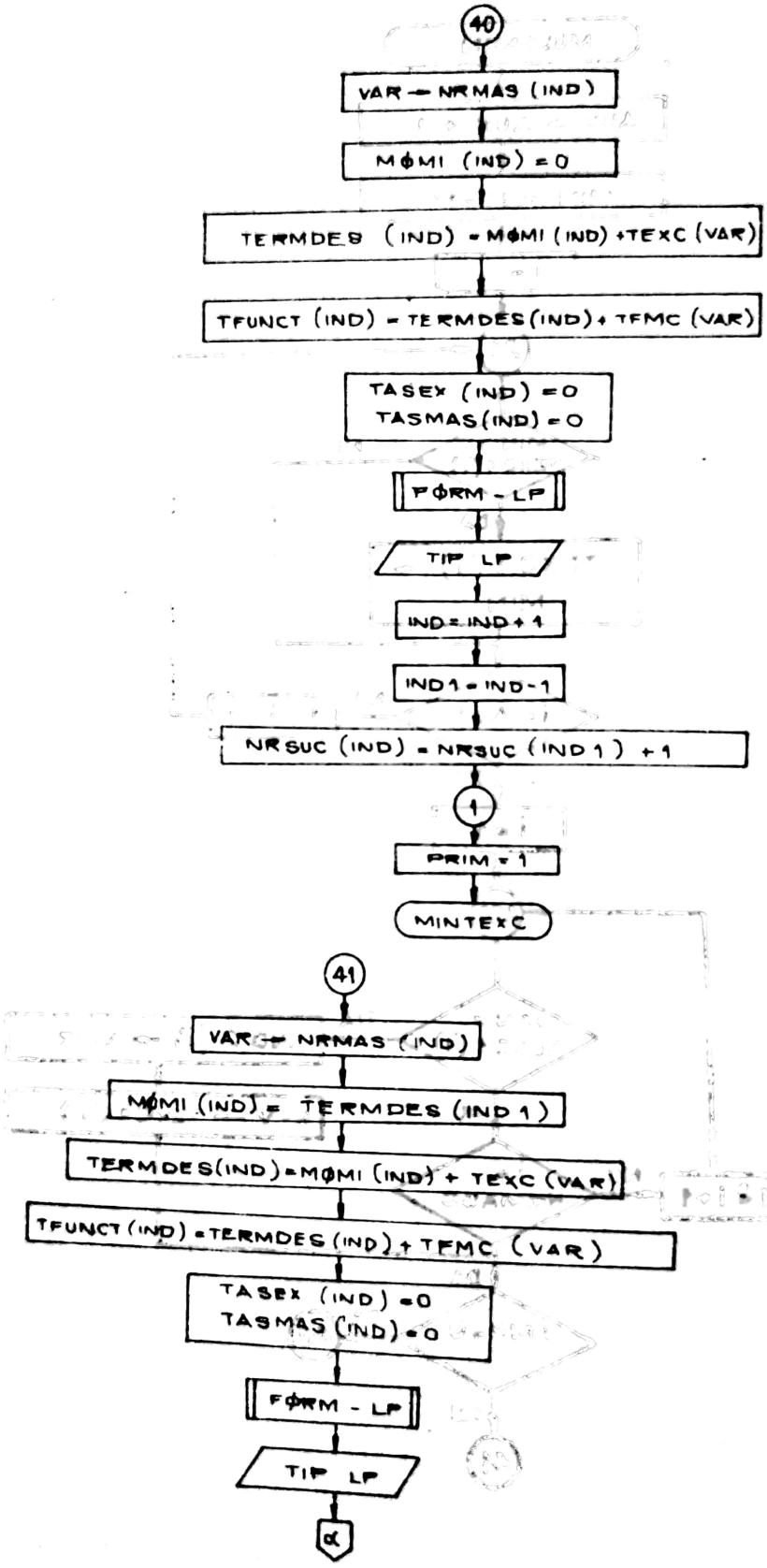

UN - MIN
IND 2 (1) → VAR
H-V → TEXC 1 (i)
PRIM = 0
DA
40
NU
41

Schema 5



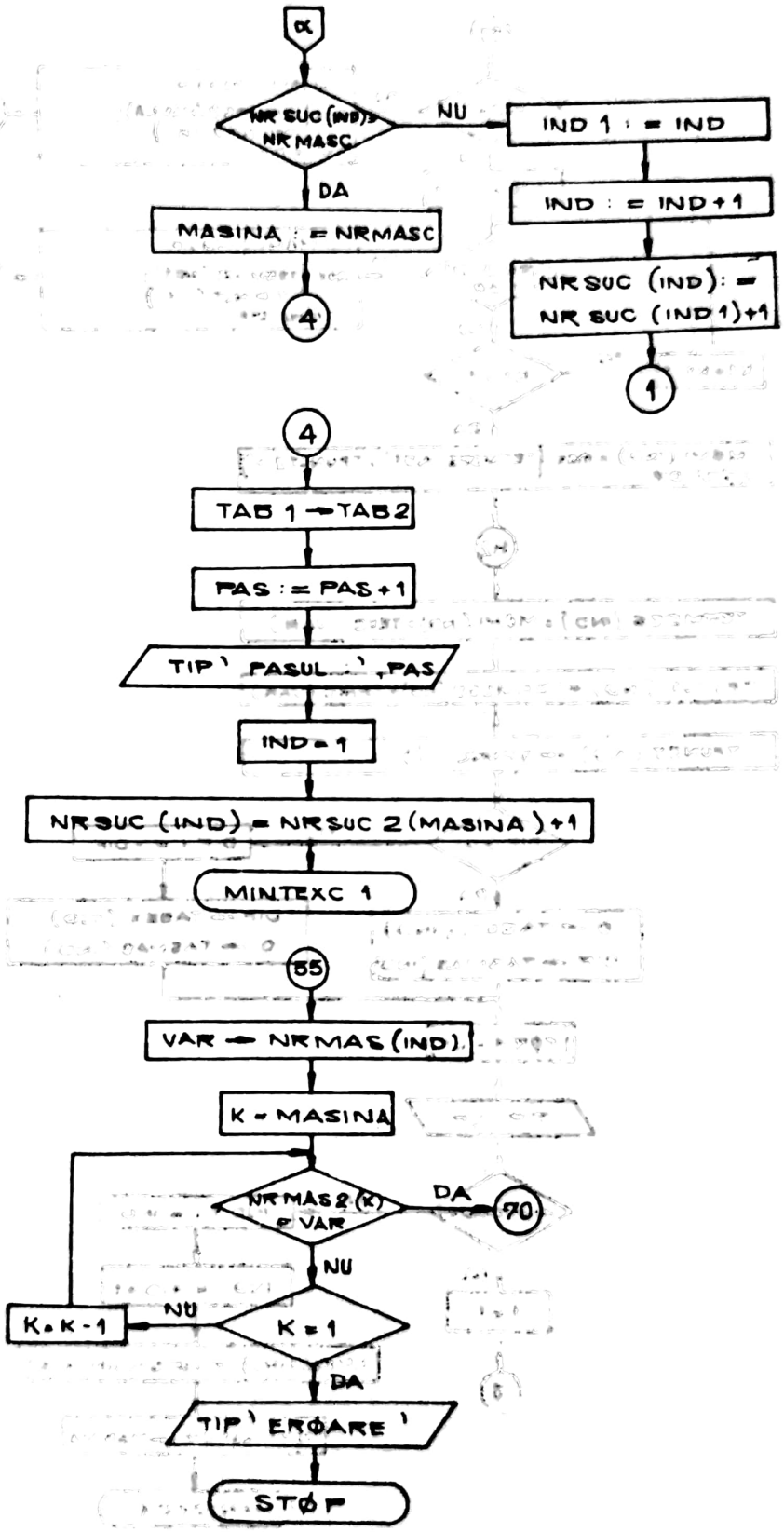
Scanned with OKEN Scanner

Schema 6



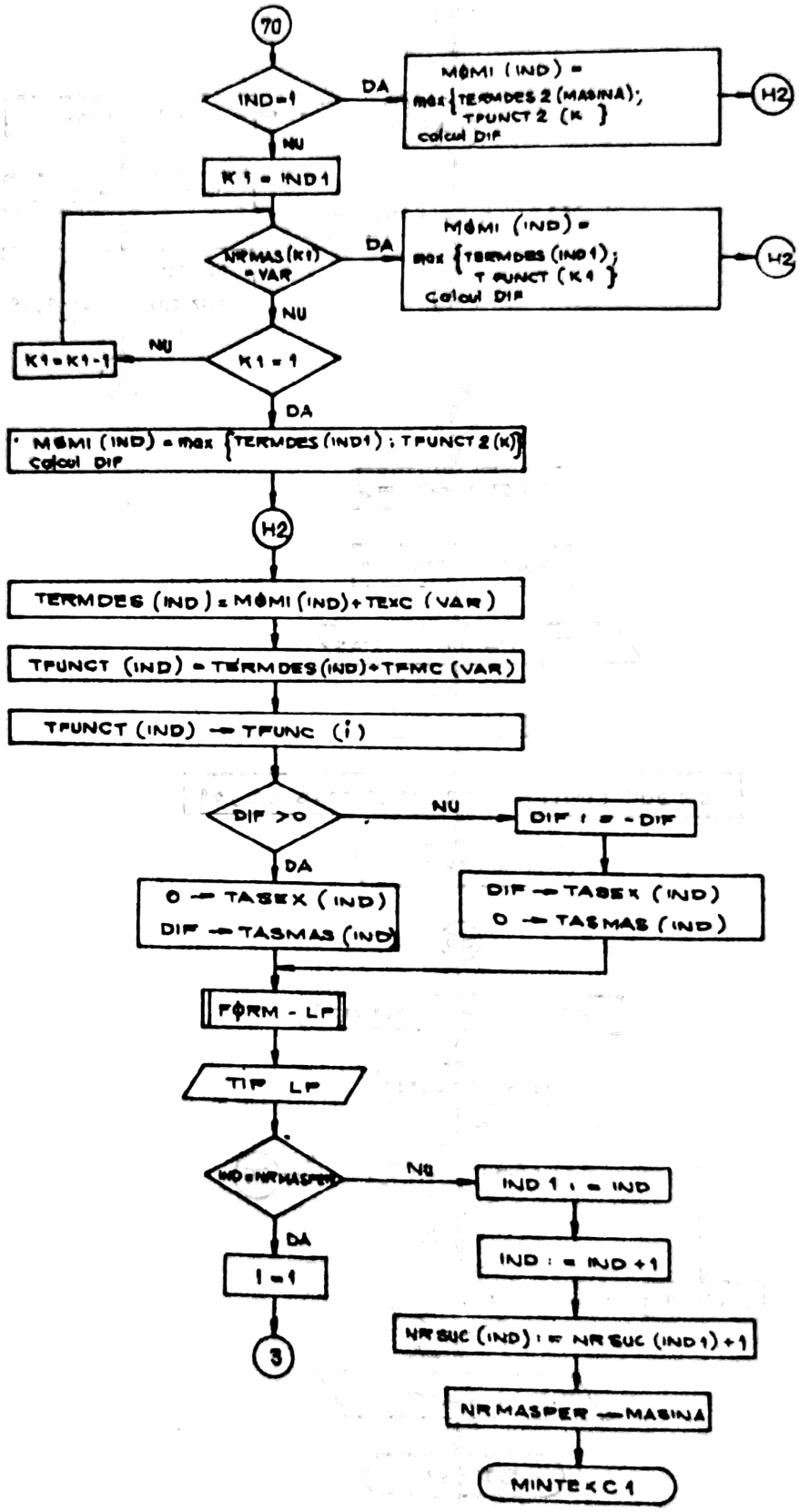
Scanned with OKEN Scanner

Shema 7.



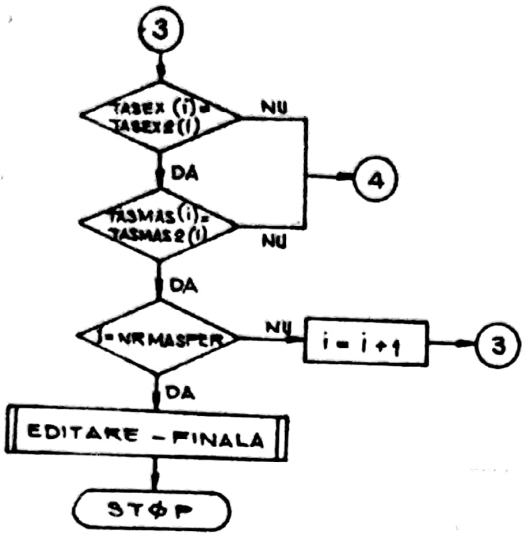
Scanned with OKEN Scanner

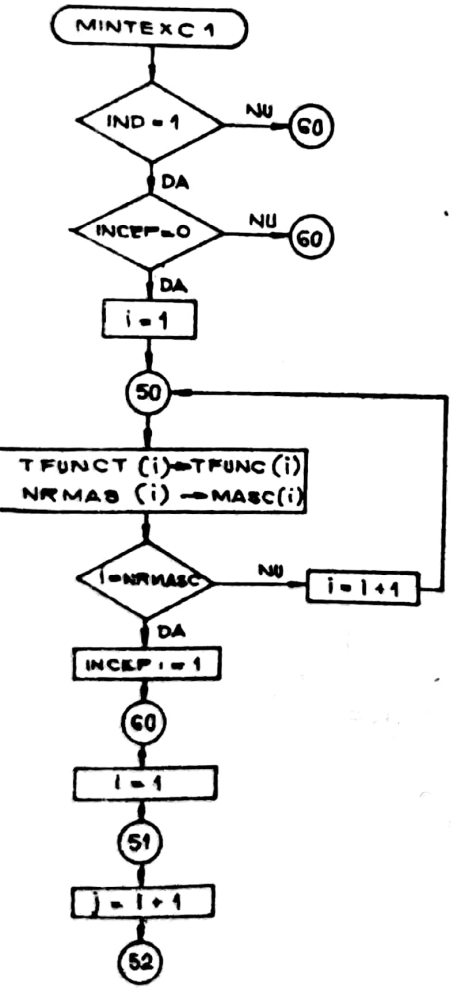
Schema 8



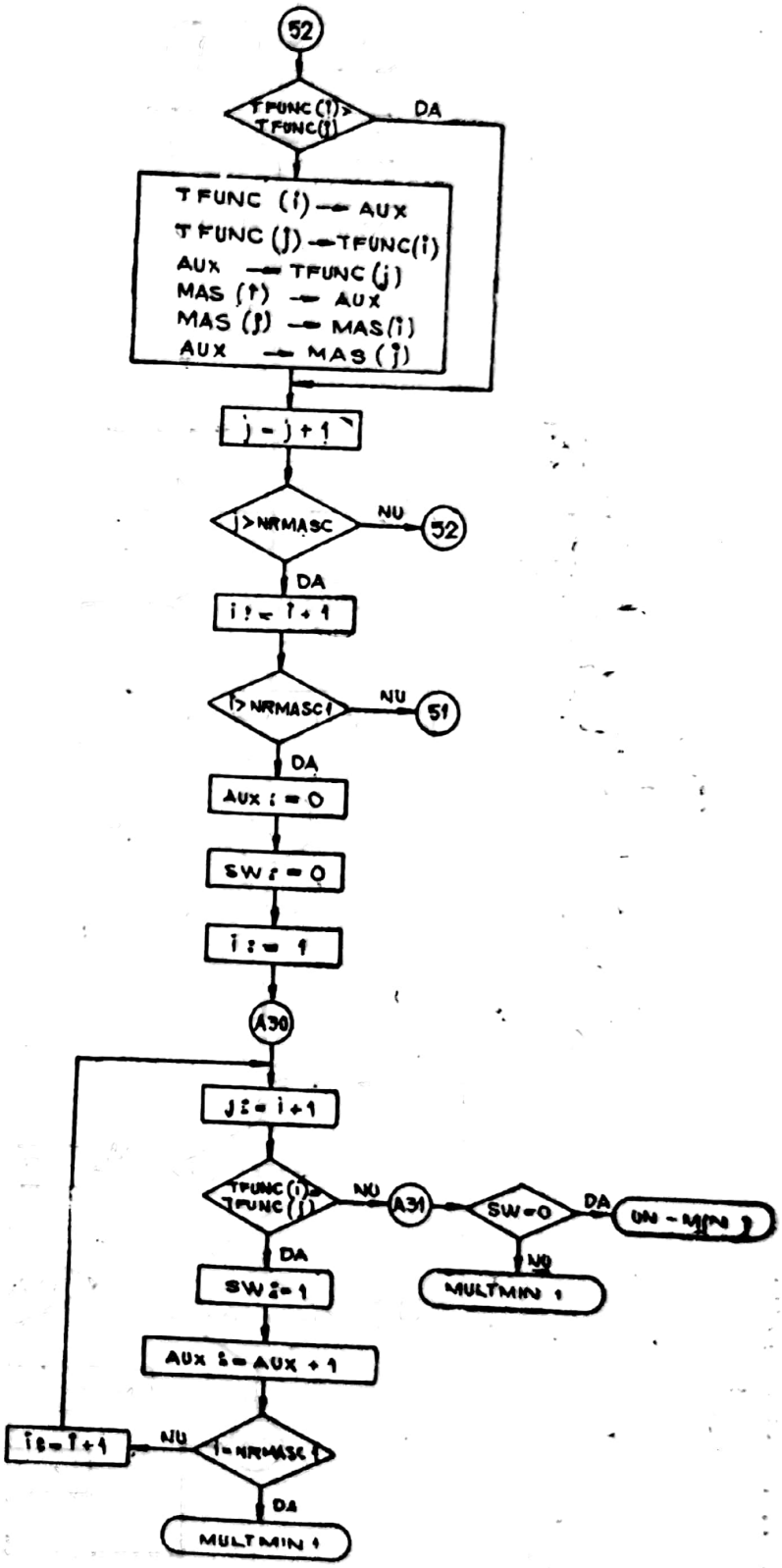
Scanned with OKEN Scanner

Schema 9



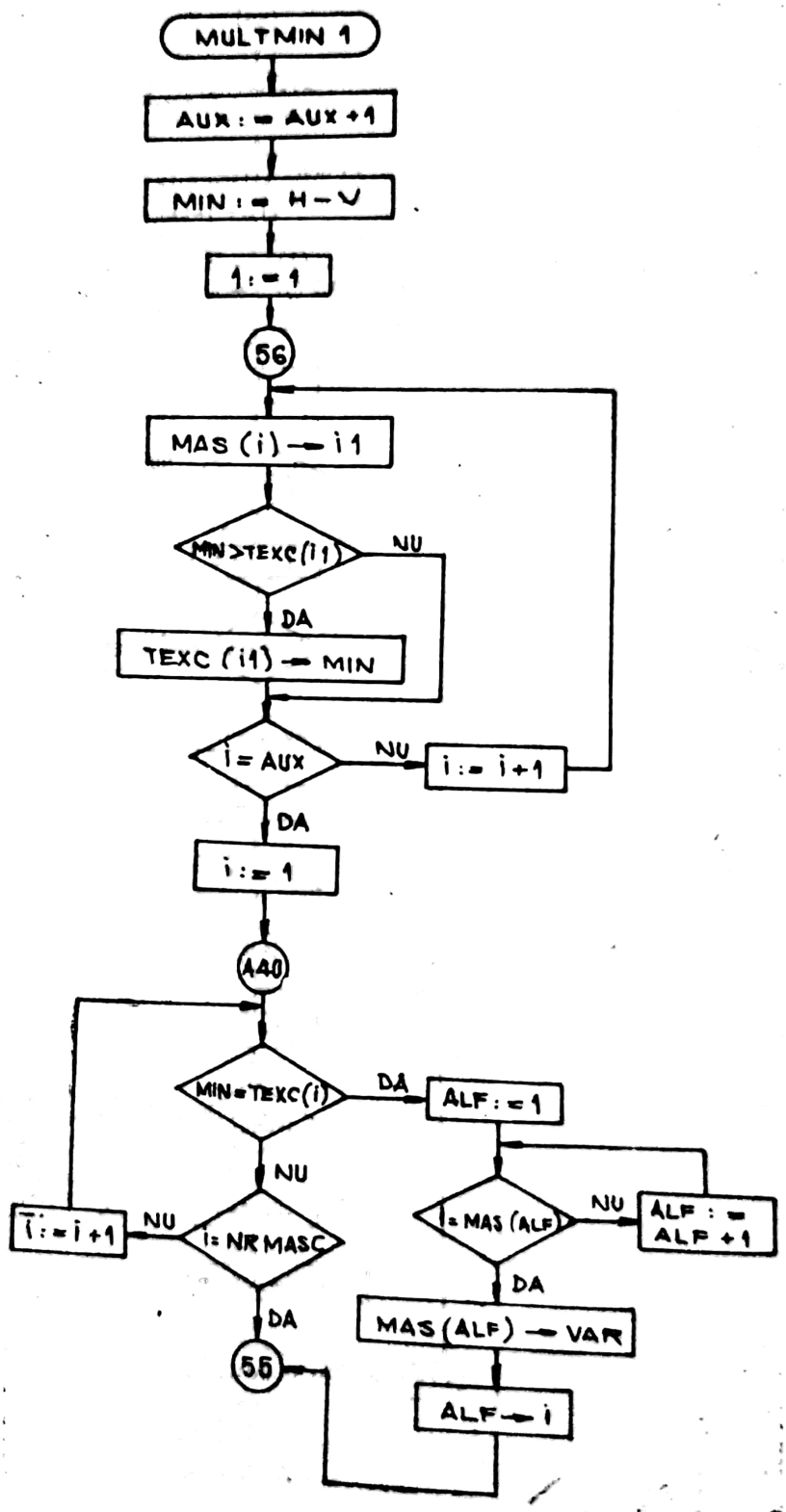


Schema 10



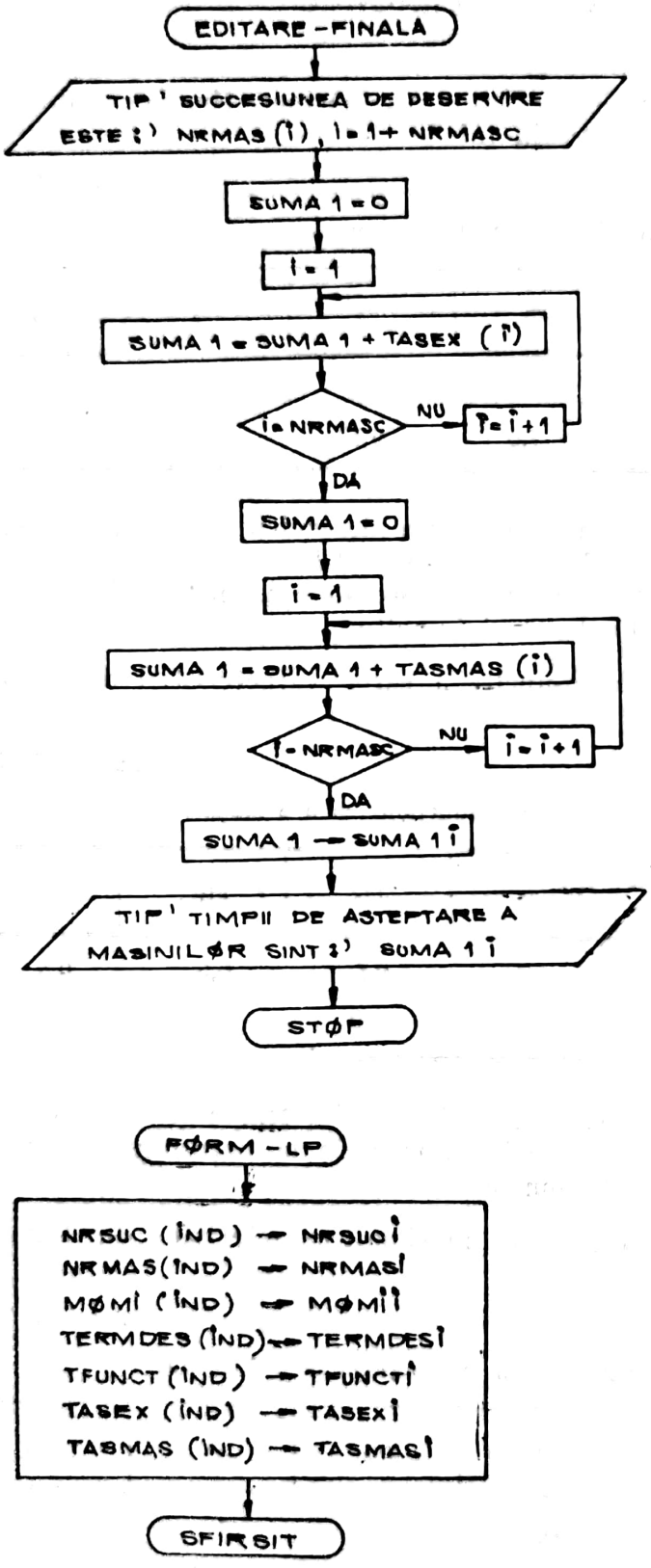
Scanned with OKEN Scanner

Schema 11

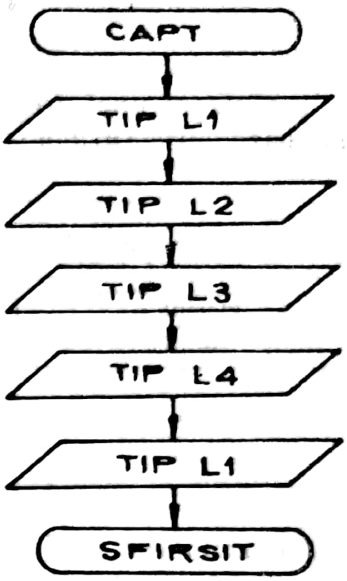


Scanned with OKEN Scanner

Schema 12



Schema 13



Scanned with OKEN Scanner

6.5. ANALIZA CU AJUTORUL ALGORITMULUI ELABORAT A UNOR EXEMPLE PRACTICE

a. Cazul unei grupe de 5 maşini de danturat. Mărimea timpilor stabiliţi pe baza observaţiilor sînt prezentate în tabelul 6.17.

Tabelul 6.17

Timpii caracteristici pentru deservirea şi funcţionarea utilă a 5 maşini

maşini / timpi	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
t_{ei}	0,5	0,5	1	1,5	1,5
t_{fi}	7,0	7,0	9,5	8,0	8,0

Calculul de optimizare arată că succesiunea deservirii se poate realiza în patru variante: 1-2-4-5-3, 1-2-5-4-3, 2-1-4-5-3 şi 2-1-5-4-3.

Desigur, rezultatele se datoresc faptului că există o identitate de valori ale timpilor t_{ei} şi t_{fi} între perechi de maşini-unelte.

b. Cazul unei grupe de 6 maşini-unelte a căror caracteristici de timp sînt prezentate în tabelul 6.18.

Tabelul 6.18

Timpii caracteristici pentru deservirea şi funcţionarea a 6 maşini

maşini / timpi	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6
t_{ei}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
t_{fi}	5,0	8,2	5,0	5,0	6,0	5,0

Se observă din listing că, datorită unei identităţi a timpului t_{ei} la toate maşinile din grup şi a timpului t_{fi} la 4 maşini, variantele de succesiune a deservirii în condiţiile optime sînt foarte multe.

c. Cazul grupării a 5 maşini-unelte avînd timpii caracteristici din tabelul 6.19.

Tabelul 6.19

Timpii caracteristici pentru deservirea şi funcţionarea a 5 maşini

maşini / timpi	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
t_{ei}	0,75	0,75	0,75	1	0,75
t_{fi}	6,0	5,0	6,0	7,0	9,0

Scanned with OKEN Scanner

Din calculul de optimizare a deservirii de către un singur muncitor se obţin două variante privind succesiunea de deservire. Variantele corespund succesiunii 2-1-3-4-5 sau 2-3-1-4-5.

d. Cazul a 4 maşini-unelte avînd timpii caracteristici din tabelul 6.20.

Tabelul 6.20

Timpii caracteristici pentru deservirea şi funcţionarea a 4 maşini

maşini / timpi	m_1	m_2	m_3	m_4
t_{ei}	1,50	0,50	2,00	2,00
t_{fi}	8,00	7,00	5,50	6,00

Calculul de optimizare a succesiunii de deservire a maşinilor de un singur muncitor arată că există o singură variantă.

Se observă, din aceste exemple, că pe măsură ce creşte diferenţa de timp între operaţiile care se execută pe maşini se îngustează soluţiile care se pot folosi pentru a îndeplini condiţiile de optimizare.

Din valorile privind timpii de aşteptare a maşinilor-unelte sau a muncitorului se constată că acestea sînt minime, ceea ce înseamnă că atît încărcarea maşinilor, cît şi timpul disponibil al muncitorului sînt folosite în proporţie foarte bună.

6.6. CONSIDERAŢII TEHNICO-ECONOMICE

În vederea cunoaşterii eficienţei utilizării practice a metodei determinării succesiunii optime, prin folosirea algoritmului de ordonanţare a polideservirii grupei de maşini, în cele ce urmează se prezintă modul de verificare a soluţiilor obţinute.

Verificarea se referă la soluţiile privind durata de aşteptare a maşinilor, respectiv timpul de interferenţă şi gradul mediu de încărcare a maşinilor.

După cum s-a văzut, timpul de interferenţă se poate determina cu relaţia

$$T^a_{fi} = t_{ifi} = T_c - (t_{fs} + t_{es})_i ;$$

$$T^a_{fi} = \sum_{i=n}^{n} T^a_{fi} ;$$

$$T^c_c = t_{C_{max}} = max_i \, (t_{fs} + t_{es})_i ,$$

în care:

T^a_{fi} este durata de aşteptare a funcţionării utile a maşinii m_i $(i = 1 \div n)$;

T^c — durata ciclului maxim al deservirii;

Expresia pentru determinarea gradului mediu de încărcare a mașinilor (η_{in}) pentru ordonanțarea stabilită sub forma:

$$\eta_{in}=\frac{\sum_{1}^{n}(t_e+t_f)_i}{\sum_{1}^{n}(t_e+t_f)_i+\sum_{1}^{n}T^a_{f\,isk}}=\frac{\sum_{1}^{n}T^c_i}{\sum_{1}^{n}T^c_{ei}+\sum_{1}^{n}T^a_{f\,isk}}.$$

Pentru exemplificarea aplicării metodei, în continuare se prezintă calculele de verificare pentru cele patru cazuri considerate la aplicarea algoritmului stabilit.

În scopul ușurării calculelor, datele pentru calcul se recomandă să se sistematizeze într-un tabel.

Pentru primul caz datele sînt prezentate în tabelul 6.21.

Tabelul 6.21

Sistematizarea datelor de calcul pentru 4 mașini

m_i / i	1	2	3	4	$\sum_{1}^{n}T^c_i$	$\sum_{1}^{n}T^a_{f_{isk}}$
t_{ei}	1,5	0,5	2,0	2,0		
t_{fi}	8,0	7,0	5,5	6,0		5,5
T^c_i	9,5	7,5	7,5	8,0	32,5	

Durata de așteptare minimă se determină astfel:

$T^c=t_{c\,max}=9{,}5$ min,

$T^a_{f1}=9{,}5-(8{,}0+1{,}5)=0$,

$T^a_{f2}=9{,}5-(7{,}0+0{,}5)=2{,}0$ [min],

$T^a_{f3}=9{,}5-(5{,}5+2{,}0)=2{,}0$ [min],

$T^a_{f4}=9{,}5-(6{,}0+2{,}0)=1{,}5$ [min],

$T^a_{ft}=T^a_{fi}=5{,}5$ [min].

Comparînd această valoare cu aceea obținută pentru succesiunea ordonanțării determinate 2-3-4-1, valorile fiind identice, rezultă că aceasta este soluția optimă; gradul de încărcare al mașinilor deservite în această succesiune va fi

$$\eta_{inc}=\frac{T^c_{i_i}}{T^c_i+T^a_{f\,isn}}=\frac{32{,}5}{32{,}5+5{,}5}=0{,}852.$$

Scanned with OKEN Scanner

Elementele de calcul pentru cazul a 5 maşini deservite sînt prezentate în tabelul 6.22.

Tabelul 6.22

Sistematizarea datelor de calcul pentru 5 maşini

m_i / i	1	2	3	4	5	$\sum_1^n T_{ci}$	$\sum_1^n T^a_{f_{ins}}$
t_{ci}	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5		8,0
t_{fi}	7,0	7,0	9,5	8,0	8,0		
T^c_i	7,5	7,5	10,5	9,5	9,5	44,5	

Calculul timpului minim de aşteptare:

$$T^c = t_{c_{max}} = 10{,}5 \text{ min},$$

$$T^a_{f1} = 10{,}5 - (7 + 0{,}5) = 3{,}0 \text{ min},$$

$$T^a_{f2} = 10{,}5 - (7 + 0{,}5) = 3{,}0 \text{ min},$$

$$T^a_{f3} = 10{,}5 - (9{,}5 + 1{,}0) = 0,$$

$$T^a_{f4} = 10{,}5 - (8 + 1{,}5) = 1 \text{ min},$$

$$T^a_{f5} = 10{,}5 - (8 + 1{,}5) = 1 \text{ min},$$

$$T^a_{ft} = \sum_{i=1}^{n} T^a_i = 8{,}0 \text{ min}.$$

Comparînd $T^a_{f_t}$ astfel calculat cu $T^a_{f_{ins}}$ rezultat din succesiunea ordonanţării deservirii, care se poate realiza în patru variante, se constată că valorile sînt identice, deci soluţia este optimă.

În ceea ce priveşte gradul mediu de încărcare al maşinilor din grup acesta are valoarea

$$\eta_{inc} = \frac{44{,}5}{44{,}5 + 8{,}0} = 0{,}845.$$

Verificarea pentru cazul 3, la care s-au făcut calculele tot pentru 5 maşini, dar avînd alte date iniţiale, aşa cum se arată în tabelul 6.23, rezultatele arată posibilitatea folosirii pentru deservire a trei moduri de succesiuni care prezintă soluţii optime.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.23

Date inițiale pentru cazul a 5 mașini

m_i / i	1	2	3	4	5	$T^a_{l_{tot}}$
t_{ei}	0,75	0,75	0,75	1,00	0,75	11,75
t_{fi}	6,0	5,0	6,0	7,00	9,00	
T^e	6,75	5,75	6,75	8,00	9,75	

Calculul timpului minim de așteptare:

$T^e = t_{e max} = 9{,}75$ min,

$T^a_{f1} = 9{,}75 - (6{,}0 + 0{,}75) = 3{,}0$ min,

$T^a_{f2} = 9{,}75 - (5{,}0 + 0{,}75) = 4{,}0$ min,

$T^a_{f3} = 9{,}75 - (6{,}0 + 0{,}75) = 3{,}0$ min,

$T^a_{f4} = 9{,}75 - (7{,}0 + 1{,}0) = 1{,}75$ min,

$T^a_{f5} = 9{,}75 - (9{,}0 + 0{,}75) = 0$,

$T^a_{fi} = T^a_{fi} = 11{,}75$ min.

Comparînd cele două valori se vede că sînt aceleași.
Determinînd gradul mediu de încărcare se obține

$$\eta_{inc} = \frac{37{,}0}{48{,}75} = 0{,}76;$$

se observă că acesta este sub valorile cerute.

Analizînd situația și a celui de al patrulea exemplar — 6 mașini — se constată că datorită identității, mai ales a timpului de deservire, variantele pentru succesiunea ordonanțării sînt peste 20.

În tabelul 6.24 sînt prezentate valorile timpilor considerați.

Din comparația T^a_{fi} cu $T^a_{l_{tot}}$ se vede că sînt identice.

Calculul gradului de încărcare

$$\eta_{inc} = \frac{37{,}2}{52{,}2} = 0{,}712;$$

în acest caz se constată că este și mai mic.

Din exemplele prezentate se constată că folosirea algoritmului pentru stabilirea ordonanțării deservirii mai multor mașini este o metodă eficientă, putîndu-se stabili cu ajutorul calculatorului electronic soluția optimă.

Considerăm important de menționat că și în cazurile în care se obțin grade medii mai mici de încărcare, pentru mașinile din grupe, aplicarea metodei polideservirii prezintă atît avantaje din punct de vedere economic, cît și din punct de vedere al capacității de producție, respectiv a productivității muncii.

Tabelul 6.24

Date inițiale pentru cazul a 6 mașini

m_i / i	1	2	3	4	5	6	T_{ei}	T_{fisk}
t_{ei}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		15,0
t_{fi}	5,0	8,2	5,0	5,0	6,0	5,0		
T_i^c	5,5	8,7	5,5	5,5	6,5	5,5	37,2	

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VII

APLICAREA POLIDESERVIRII ÎN INDUSTRIA TEXTILĂ

7.1. UNELE PARTICULARITĂŢI ALE POLIDESERVIRII APLICATE ÎN INDUSTRIA TEXTILĂ

Industria textilă prezintă diferenţe faţă de industria constructoare de maşini, atît din punct de vedere al materialelor de prelucrat, al mijloacelor de producţie, cît şi a procesului tehnologic folosit.

În istoria dezvoltării bunurilor materiale, industria textilă a cunoscut o perfecţionare permanentă, fiind de altfe' industria la care mecanizarea şi chiar automatizarea au fost aplicate din cele mai vechi timpuri.

Şi astăzi se constată o permanentă perfecţionare a mijloacelor de producţie, atît în ceea ce priveşte mecanizarea şi automatizarea, cît şi structura constructivă, ceea ce asigură o creştere continuă a productivităţii, a diversificării produselor şi a calităţii acestora.

Deşi, şi în acest sector industrial se pun probleme de flexibilitate în realizarea sortimentelor de produse, totuşi rămîne ca o caracteristică a procesului de fabricaţie producţia de serie sau chiar de masă. Specific industriei textile mai este şi faptul că operaţiile de efectuat sînt mai puţin complexe, că procesul se desfăşoară într-o formă continuă.

Din punct de vedere al polideservirii, în mod deosebit apar probleme de intervenţii aleatoare ale lucrătorului, la durate nedeterminate ale ciclului. De menţionat că mijloacele de producţie funcţionează în ciclu automat, intervenţia lucrătorului fiind necesară numai la apariţia unor defecţiuni în procesul de prelucrare.

În vederea aplicării eficiente a sistemului polideservirii se impun, în principiu, luarea în considerare a aceloraşi probleme, şi anume : folosirea optimă a capacităţii de prelucrare a mijloacelor de producţie, încărcarea în condiţii optime a lucrătorului şi asigurarea folosirii economice a materialelor şi energiilor, asigurarea unei eficienţe economice.

7.2. DESERVIREA MAI MULTOR MAŞINI DE TRICOTAT

Pentru studiul posibilităţilor de aplicare a polideservirii este necesar a cunoaşte, şi în aceste cazuri, structura timpului de maşină şi de deservire.

Timpurile de maşină se pot categorisii în :

t_f — timp de funcţionare a maşinii ;

T_{Mb} — timpul de bază al maşinii ;

T_{Ma} — timpul auxiliar, în care se cuprinde timpul de staţionare al maşinii în timp cît aceasta este deservită, acest timp este egal cu timpul de deservire de către muncitor (t_{eg}) ;

T_{Ms} — timp de staţionare a maşinii din diferite alte motive (defecţiuni, nedeservite la timp etc).

Structura timpului de deservire a lucrătorului :

te — timp de acţionare directă ;

te' — timp de supraveghere ;

Te^a — timp de aşteptare, în care se pot cuprinde şi timpii auxiliari de supraveghere etc. ;

t_{ep} — timp de pregătire (bobine, suveici etc.) ; acest timp se va suprapune de fapt cu timpul de funcţionare al maşinii ;

t_{eg} — timp de acţionare asupra unei maşini ce stă (ex. schimbarea acului, suveicii, înlăturarea unei defecţiuni etc).

Printre indicatorii care arată eficienţa aplicării metodei polideservirii se vor considera :

— constanta de deservire k_d ;

— coeficientul de activitate al lucrătorului ;

— coeficientul de utilizare a capacităţii maşinilor.

Pentru determinarea numărului de maşini care urmează a fi deservite se va face un studiu asupra variaţiei timpilor t_{eg} şi t_{ep}, respectiv a timpului de staţionare T_{ms}, luînd în calcule un anumit număr de maşini şi punînd condiţia ca $te = 100\%$.

Înainte de a se trece la calcularea timpilor, trebuie să se precizeze care sînt operaţiile ce corespund timpilor menţionaţi mai sus.

Desfăşurarea modului de calcul :

Constanta de deservire k_d este dată de relaţia :

$$k_d = \frac{t_{Ma}}{t_{Mb}} = \frac{t_{eg}}{n} = \frac{1}{100 - t_{Ms} - t_{Ma}}. \qquad (7.1)$$

Stabilirea constantei de deservire pentru cazul cînd numărul de maşini deservite de un muncitor este diferit faţă de cazul existent este necesară pentru calcularea timpului de staţionare.

Timpul de staţionare t_{Ms} corespunzător lui k_d în funcţie de n este între 0,01 şi 0,4. Valorile au fost stabilite, în graficul din fig. 7.1, cu ajutorul teoriei şirurilor de aşteptare şi în ipoteza unei distribuţii exponenţiale a timpilor t_{eg} şi a intervalului între oprirea a două maşini, aşa cum se vede în fig. 7.2.

Scanned with OKEN Scanner

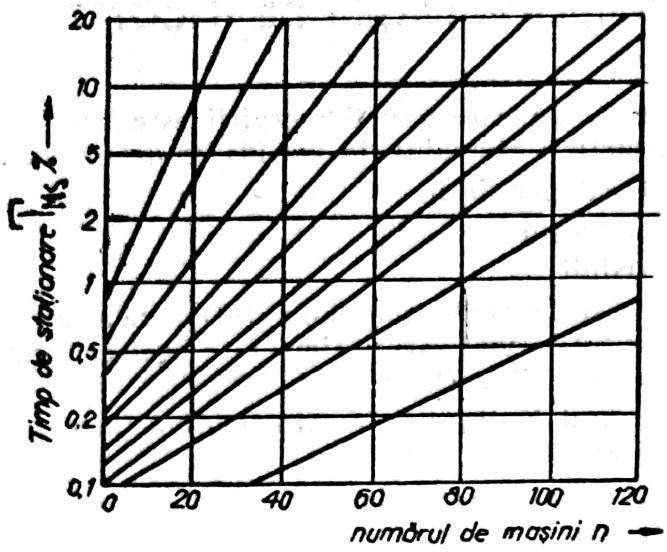


Fig. 7.1. Variația timp de staționare în funcție de mașini, n, și de constanta de deservire.

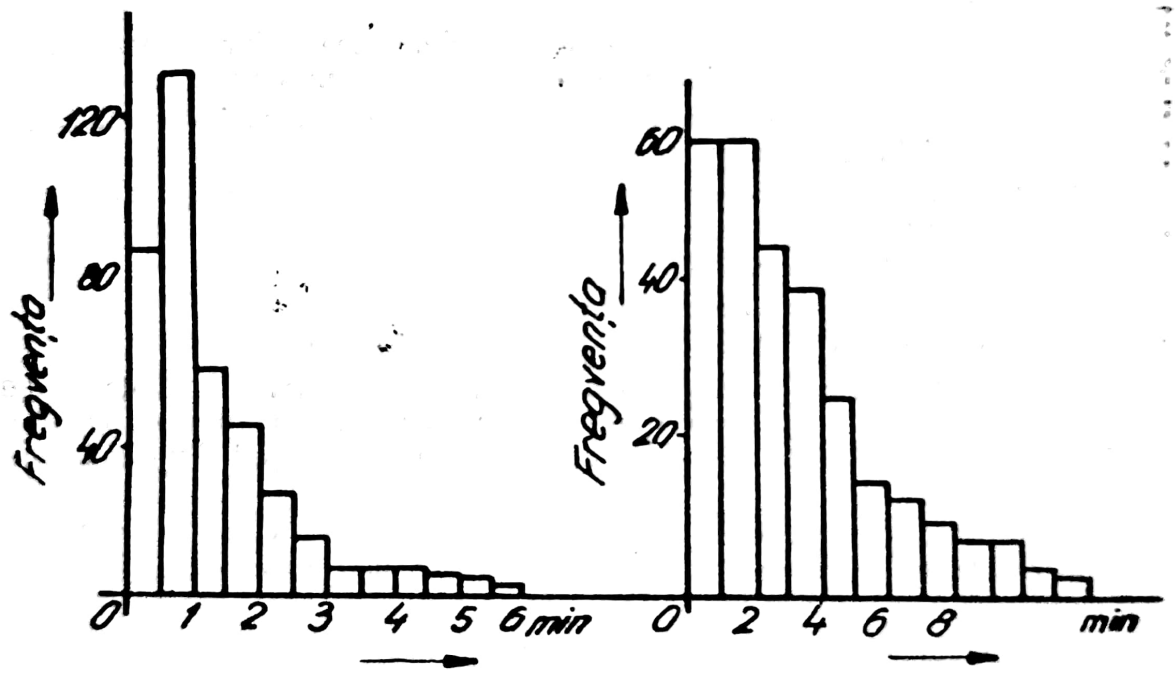


Fig. 7.2. Distribuția timpului t_{ef} și a intervalului de staționare.

Timpii auxiliari t_{Ma}, care sînt în funcție de numărul de mașini n, sînt calculați cu ajutorul lui k_d și a lui t_{Me}.

Deoarece

$$t_f = 100\% = t_{Mb} + t_{Ma} + t_{Me} \quad \text{și} \quad k_d = \frac{t_{Ma}}{t_{Mb}},$$

rezultă că

$$t_{Ma} = \frac{k_d\,(100 - t_{Me})}{1 + k_d}. \tag{7.2}$$

Coeficientul de activitate al muncitorului k_e este dat de relaţia :

$$k_e = \frac{t_e}{t_f} = \frac{n \cdot t_{l1}}{t_1 + t_{Ms}}, \tag{7.3}$$

unde t_{l1} este timpul de lucru necesar deservirii unei maşini în situaţia cînd timpul de bază se prelungeşte cu timpul de staţionare. Muncitorul este încărcat complet atunci cînd $k_e = 1$.

Coeficientul de utilizare al maşinii k_f este dat de relaţia

$$k_f = \frac{t_f}{t_{Mb}} = \frac{100 - t_{Ms}}{100}. \tag{7.4}$$

Dacă se măreşte numărul de maşini peste n_{max}, creşte numărul de maşini ce aşteaptă deservirea.

Pentru stabilirea numărului de maşini deservite în funcţie de cost se examinează următoarele :

— costurile pe unitatea de produs (lei/u.pr.), în funcţie de n, care sînt date de relaţia

$$C_{en} = \frac{C}{q}, \tag{7.5}$$

în care C sînt costurile cu retribuţiile pe minut ale deservantului,

q — unităţile de produs pe minut, care se calculează cu relaţia :

$$q = \frac{n}{t_{Mb\,min}} \cdot \frac{100 - t_{Me} - t_{Ms}}{100} = \frac{n}{t_{Mb\,min}} \left(k_f - \frac{t_{Me}}{100} \right). \tag{7.6}$$

Costurile cu mijloacele fixe sînt date de relaţia

$$C_{fn} = C_{fn} + C_s = 2C_{f\,exist} \frac{k_{f\,exist}}{k_{fn}} = C_{M\,exist} k_{f\,exist}. \tag{7.7}$$

În grupa cheltuielilor intră amortismentele la care se mai adaugă parţial şi energia electrică, termică, salariile neproductive, cheltuielile generale. Suma tuturor cheltuielilor raportată la unitatea de produs pentru situaţia existentă, adică $C_{M\,exist}$, diferă pentru situaţii cu număr de maşini diferit de cel existent şi anume

$$C_{fn} = C_{f\,exist} \cdot \frac{K_{f\,exist}}{k_{fn}}. \tag{7.8}$$

Relaţia (7.8) reprezintă costurile pentru mijloacele fixe în situaţia cînd maşinile instalate sînt proporţionale cu producţia, dar la deservirea mai multor maşini volumul producţiei nu creşte proporţional cu numărul de maşini instalate. Aici, din cauza timpului de staţionare, sînt necesare mai multe maşini şi deci costuri suplimentare, adică

$$C_s = C'_{Mn}(1 - k_f). \tag{7.9}$$

Suma costurilor cu retribuirea şi cele cu mijloacele fixe (C) au, la o anumită valoare a lui $n = n_{opt}$, valoare minimă, întrucît C_{ms} scade cu n, în timp ce C_{Ms} creşte cu n.

Scanned with OKEN Scanner

Numărul de maşini determinat ca optim din punct de vedere al costului poate fi deservit de un singur muncitor atîta timp cît $n_{opt} < n_{max}$ şi n_{opt} determină un coeficient de activităţi $k_e < 1$. La considerarea necesităţii timpilor auxiliari se impune ca $k_e < 0{,}9$.

7.3. PARTICULARITĂŢILE DESERVIRII MAI MULTOR POSTURI ÎN INDUSTRIA DE ŢESUT TEXTILE

În industria textilă problema deservirii simultane a mai multor maşini de către o persoană este foarte importantă.

În cercetarea acestei probleme trebuie să se răspundă, ca şi în cazul industriei tricotajelor, la următoarele întrebări:

1. Care este numărul maxim de locuri de muncă corespunzătoare încărcării maxime a muncitorului?

2. Numărul maxim de maşini este şi numărul optim din punct de vedere al costului?

3. În ce măsură creşte solicitarea muncitorului cu încărcarea sa?

Cercetarea s-a efectuat la o secţie de ţesătorie. În majoritatea cazurilor, o muncitoare deserveşte două războaie vecine, aşezate în aceeaşi linie. În cazul războaielor grele, o muncitoare deserveşte o singură maşină. Sînt şi cazuri în care o muncitoare deserveşte simultan 3 războaie, 2 învecinate dintr-o linie şi un război apropiat pe linia paralelă vecină. Deservirea simultană a 3 războaie are loc la cele mijlocii şi mici şi în cazul prelucrării unor produse mai uşoare. Cronometrările şi cercetarea s-au efectuat în cazul ultimei deserviri.

S-au făcut cronometrări determinînd timpii necesari tuturor operaţiilor efectuate de muncitoare.

În urma cronometrărilor, grupînd mai multe operaţii asemănătoare s-au obţinut timpii trecuţi în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

Cheltuieli şi coeficient de activitate în funcţie de numărul de maşini, n

Denumirea fazei	Timp total [s]	Din care maşina stă [s]
Total timp ajutător	2 259	1 388
Supravegherea activă	241	—
Supravegherea pasivă	452	—
Timp de deservire maşina 1	1 259	315
Timp odihnă şi necesităţi fireşti	474	—
Timp pierdut (reparaţii, lipsă mat., curent)	108	108
Lucru la maşina 2	3 590	—
Lucru la maşina 3	2 560	—

Scanned with OKEN Scanner

Prelucrînd datele după metodologia folosită mai sus, rezultă structurile de timp şi coeficienţii arătaţi în tabelul 7.2.

Tabelul 7.2

Date caracteristice

Timpul de lucru muncitor t_l			Timp de aştept.	Timp de bază	Timp de staţion.	Timp auxiliar	Timp de bază maş.	Const. de deservire	Coef. de activ.	Coef. de utilizare
t_{ag}	t_{ap}	t_s	t_s	t_m	t_{Ms}	t_{Ma}	t_{Mb}	k	K_m	K_m
16,6	11,8	6,4	65,2	100	11	16,6	72,4	0,23	0,568	0,89

La calculul costurilor pentru produsul cercetat s-a plecat de la următoarele date:

— retribuţia directă 11,10 lei/oră.

Producţia a 3 maşini cu norma de 2 ore/m.l., cu coeficientul $K_e=0,89$ şi cu timpul auxiliar $t_{Ma}=16,6\%$ este de:

$$q=\frac{3}{2}\left(0,89\,\frac{16,6}{100}\right)=1,08 \text{ m.l./oră.}$$

Costurile cu retribuirea vor fi:

$$C_e=\frac{11,10}{1,08}=10,27 \text{ lei/m.l.}$$

Costurile cu mijloacele fixe obţinute de la serviciul de contabilitate sînt:

$$C_f=45,50 \text{ lei/m.l.}$$

Cu aceste valori s-au calculat coeficienţii şi costurile totale pentru un număr de maşini diferit de cel existent, în vederea determinării numărului optim de maşini. Rezultatele sînt trecute în tabelul 7.3.

Tabelul 7.3

Centralizator şi cronometrări

tip 1 $k=0,230$ $t_{11}=11,6\%$

n	t_{Ms}	K_f	t_{Ma}	C_e	C_f	C	K_e
1	9,3	0,907	17	30,12	44,30	74,42	0,173
2	10	0,90	16,85	15,20	44,90	60,10	0,344
3	11	0,89	16,6	10,27	45,5	55,77	0,568
4	13	0,86	16,1	7,93	48,42	56,35	0,664
5	19,5	0,806	15,1	6,80	50,68	57,48	0,792

Scanned with OKEN Scanner

Numărul optim de maşini este determinat de costurile totale, care în cazul tabelului de mai sus sînt minime pentru 4 maşini deservite de o muncitoare.

Această situaţie se datoreşte în mare măsură faptului că războaiele din secţia cercetată sînt foarte vechi şi cu eficacitate scăzută.

Variaţia lui t_{Ma} de la cazul deservirii a două maşini la cazul deservirii a 3 maşini se menţine aceeaşi şi în cazul trecerii la deservirea simultană a 4 maşini, întrucît amplasarea maşinilor se face faţă în faţă, muncitorul efectuînd o singură dată deplasarea din faţa maşinilor.

Prin trecerea de la deservirea a 4 maşini la 5 maşini, valoarea lui t_{M}, creşte foarte mult, deoarece deservantul trebuie să coboare de pe podina de deservire a maşinilor 1, 2, 3, 4 şi să se deplaseze pe alt interval şi să urce pe podina celei de a 5-a maşină.

În studiul acesta nu s-a ţinut seama de:

— omogenitatea articolelor prelucrate pe toate maşinile (contextura, modelul, coloritul, fineţea etc.);

— mecanizarea sau automatizarea unor faze tehnologice, printre care merită a fi evidenţiate: oprirea automată a războaielor în cazul ruperii firelor de urzeală; oprirea automată la ruperea sau terminarea firelor din bătătură; semnalizarea optică a lipsei de materiale la maşini sau a defecţiunilor mecanice la maşini.

7.4. ORGANIZAREA DESERVIRII MAI MULTOR MAŞINI LA INTERVALE NEDETERMINATE (ALEATOARE)

În practica industrială sînt frecvente cazurile cînd deservirea maşinilor de către un executant se realizează la intervale de timp întîmplătoare (aleatorii), ceea ce face ca elementele de desfăşurare ale procesului de prelucrare să nu poată fi predeterminate.

Situaţii de intervenţii întîmplătoare la maşinile polideservite se întîlnesc mai des, în industria textilă, la maşinile de filat, războaiele de ţesut, maşinile de tricotat, maşinile de ţesut şi împletit sîrmă ş.a.

7.4.1. CONSIDERAŢII ASUPRA OPTIMIZĂRII SISTEMULUI OM-MAŞINĂ ÎN CONDIŢII ALEATOARE ALE POLIDESERVIRII

Pentru modelarea matematică a deservirii mai multor maşini de către un executant la intervale de timp întîmplătoare este necesară cunoaşterea elementelor principale care caracterizează procesul respectiv. Aceste elemente în cazul considerat sînt:

1. **Venirile** (sosiri) reprezintă solicitările pentru deservire de către executant a maşinilor; se exprimă prin numărul mediu de maşini care solicită deservirea în unitatea de timp (λ).

Scanned with OKEN Scanner

Procesul deservirii mai multor maşini de către un executant — în acest caz — are caracter întîmplător, numărul solicitărilor fiind diferit de la intervale la intervale. Pentru simplificarea analizei, solicitările se ordonează pe categorii, astfel:

n_i reprezintă o categorie oarecare de solicitări;

$f_{(n_i)}$ — frecvenţa solicitărilor dintr-o categorie (numărul de cazuri din categoria respectivă — n_i);

$\sum f_{(n_i)}$ — suma tuturor frecvenţelor de solicitări reprezentînd numărul (N) de intervale de timp în care s-a observat apariţia solicitărilor

$$\sum f_{(n_i)} = N; \tag{7.10}$$

$n_i \cdot f_{(n_i)}$ — numărul de unităţi solicitate pentru o categorie.

Numărul mediu de solicitări (λ) pentru unitatea de timp aleasă rezultă din relaţia

$$\lambda = \frac{\sum n_i \cdot f(n_i)}{\sum f(n_i)}, \tag{7.11}$$

sau

$$\lambda = \frac{\sum n_i \cdot f(n_i)}{N}. \tag{7.12}$$

2. **Serviciul** reprezintă acţiunea prin care unul sau mai mulţi executanţ rezolvă deservirile şi se exprimă prin numărul mediu de servicii efectuate pe unitatea de timp stabilită; se notează cu (μ). Aceasta rezultă ca raport între unitatea de timp şi timpul necesar executării deservirii de către executant.

3. **Factorul de serviciu** (ρ) se determină din raportul dintre numărul mediu de unităţi deservite (λ) şi numărul mediu de servicii (μ).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}. \tag{7.13}$$

Dacă $\rho > 1$, înseamnă că executantul este suprasolicitat, iar numărul de maşini care aşteaptă va creşte continuu.

Dacă $\rho < 1$, capacitatea de deservire a excutantului este bună, dar datorită frecvenţei aleatorii de cerinţe pentru deservirea maşinilor din sistem, acestea vor avea un anumit timp de aşteptare pînă vor fi deservite.

4. **Disciplina aşteptării** defineşte ordinea în care se satisface deservirea maşinilor, şi anume: în ordinea „primul venit — primul servit".

Pentru studiul condiţiilor de polideservire este necesar a se mai preciza următorii indicatori:

— *gradul mediu de neocupare al executantului* $\bar{T}_e^a$. Indicatorul are o importanţă în optimizarea deservirii mai multor maşini de către un executant, ţinînd seama că şi în timpul de neocupare al executantului se produc cheltuieli;

— *numărul mediu al maşinilor* $\bar{N}_f$ din şirul de aşteptare a deservirii în intervalul de timp considerat;

Scanned with OKEN Scanner

— *timpul mediu de așteptare în fir* ($\bar{T}_f$) este timpul mediu în care o mașină așteaptă deservirea ;

— *numărul mediu al mașinilor din sistem* ($\bar{N}_s$) arată numărul mediu al mașinilor care se găsesc în intervalul de timp precizat în firul de așteptare și la executant pentru deservire.

Indicatorii folosiți la optimizarea polideservirii prin evidențierea timpilor de așteptare contribuie la cunoașterea mai bună a condițiilor în care aceasta se realizează.

În organizarea activității de deservire a mai multor mașini de un executant se urmărește satisfacerea simultană a două cerințe: timpul de așteptare al mașinilor să fie minim și gradul mediu de ocupare al executantului să fie cît mai mare. Pentru satisfacerea acestor cerințe este necesar ca funcția $f(mi)$ a costurilor datorită pierderilor de timp, opririle și așteptările executantului să fie minimizată, adică

$$f_{(mi)} = \bar{W}_h \cdot \bar{T}_e^a + \bar{P}_h \cdot \bar{N}_f \cdot \bar{T}_f, \tag{7.14}$$

în care:

$\bar{W}_h$ este productivitatea muncii medie orară a lucrătorului care deservește mașina ;

$\bar{P}_h$ — valoarea producției medie pe oră realizată pe unitatea de mașină deservită.

Funcția de optimizare $f_{(mi)}$ este o însumare a unor pierderi, exprimată valoric în lei pe oră.

Practic, funcția de optimizare are ca variabilă numărul de mașini deservite, în raport cu ea calculîndu-se pierderile totale $f_{(mi)}$.

Pierderile totale $f_{(mi)}$ se calculează pentru valori succesive ale variabilei — numărul de mașini deservite — mai mari sau mai mici decît valoarea existentă sau admisă pînă se obține $f_{(mi)}$ minim. Deoarece funcția nu admite decît un singur punct de minim, acesta va reprezenta valoarea optimă a numărului de mașini deservite în condițiile tehnico-organizatorice date.

Pentru a determina dacă fenomenele de așteptare pot fi optimizate cu relațiile (7.17—7.46), adică se produc după o lege Poisson, se aplică testul χ^2.

Pentru ca deservirile să se efectueze după legea Poisson, este necesar să se respecte condiția

$$\chi^2 > \chi_0^2, \tag{7.15}$$

în care: χ^2 este exprimarea matematică a legăturilor ce există între frecvența categoriilor de solicitări și probabilitățile de apariție a acestora în funcție de un anumit număr de grade de libertate și o anumită pretenție ε ca fenomenul studiat să se apropie de un fenomen teoretic tip Poisson, valorile teoretice pentru funcția χ^2 au fost calculate de Pearson și sînt prezentate în anexa III.

χ_0^2 — valoarea practică a funcției calculată pe baza datelor fenomenului studiat și se calculează cu ajutorul relației

$$\chi_0^2 = \frac{\sum [f_{(n)} - N \cdot P_{(n)}]^2}{N \cdot P_{(n)}}, \tag{7.16}$$

în care: $P_{(n)}$ este probabilitatea teoretică Poisson determinată pentru ε din datele practice și pentru n_i categorii de deservire.

Scanned with OKEN Scanner

În vederea soluționării acestor tipuri de probleme ale organizării polideservirii sînt utilizate modele bazate pe legile probabilității. În acest sens se consideră un executant, care are rolul de o stație și N mașini omogene deservite cu aceleași caracteristice tehnice, ceea ce corespunde în teoria firelor de așteptare cu o populație finită.

Rezolvarea problemei organizării deservirii mai multor mașini de un executant la intervale întîmplătoare este posibilă cu ajutorul modelelor cunoscute din literatură [10] sub denumirea de modele închise.

Se admite că un executant deservește N mașini omogene, de aceeași tipodimensiune și care funcționează independent unele de altele. Aceste mașini pînă la un moment dat funcționează fără supraveghere și fără să necesite intervenția lucrătorului, dar în acel moment apare necesitatea unei intervenții a executantului. Dacă pentru punerea în funcțiune a mașinii oprite, din grupul de mașini deservite, intervine un executant, durata unei intervenții fiind o variabilă aleatoare, urmează o repartiție exponențială negativă, funcție de parametru μ.

Schematic, sistemul de deservire în timp a mașinilor de un executant este prezentat în fig. 7.3, cu următorul mod de funcționare:

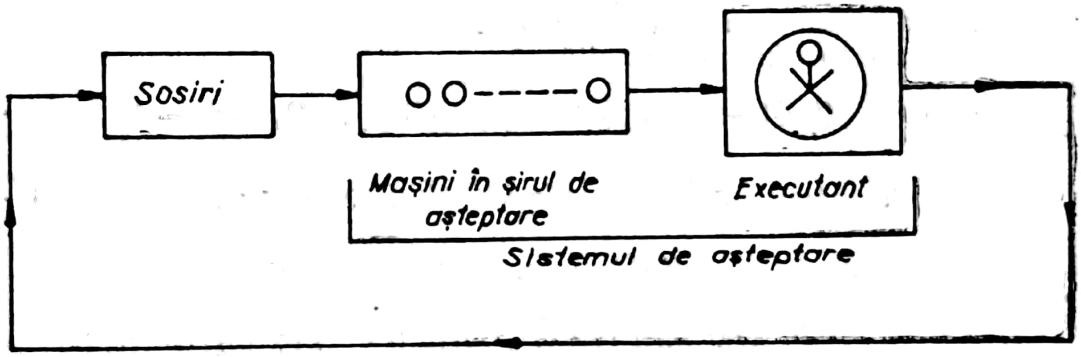


Fig. 7.3. Schema sistemului de deservire.

Ordinea de oprire a mașinilor este și ordinea de punere în funcțiune de către executant; rezultă că se respectă disciplina sistemului: „prim venit, prim servit".

Pentru stabilirea ecuațiilor care caracterizează starea sistemului trebuie să se exprime probabilitatea $Pn\,(t+\delta)$ ca la momentul $t+\delta$ să existe n mașini în sistem.

Notînd cu $1-A\,(\delta)$ probabilitatea ca o mașină să funcționeze fără intervenția executantului într-un interval de timp δ, se admite că necesitatea intervenției executantului la mașini este independentă (unele de altele), probabilitatea că nici o mașină din cele $N-n$ care funcționează să nu necesite intervenția executantului va fi

$$[1-A\,(\delta)]^{N-n} \tag{7.17}$$

Probabilitatea ca cel puțin una din cele $N-n$ (mașini care sînt în stare de funcționare) să necesite intervenția executantului va fi dată sub forma

$$1-[1-A\,(\delta)]^{N-n}=(N-n)\,\lambda\delta+O\,(\delta) \tag{7.18}$$

unde $O\,(\delta)$ are proprietatea că $\lim\limits_{\delta\to 0}\frac{O\,(\delta)}{\delta}=0$.

Probabilitatea ca să fie terminată o intervenție a executantului (adică să reînceapă funcționarea mașinii deservite) într-un interval de timp este dată de relația

$$B(\delta)=\mu\delta+O(\delta). \tag{7.19}$$

Situații ca la momentul $t+\delta$ să existe n mașini în sistemul de așteptare sînt următoarele:

— la momentul t există n mașini în sistem și în intervalul de timp t la $t+\delta$ nu sînt mașini de deservit și nici mașini a căror deservire s-a terminat;

— la momentul t există $n-1$ mașini în sistemul de așteptare și în intervalul de timp de la t la $t+\delta$ se solicită deservirea unei mașini și în acest interval nu s-a pus în stare de funcționare nici o mașină;

— la momentul t există $n+1$ mașini în sistemul de așteptare și în intervalul de timp de la t la $t+\delta$ nu se solicită în plus deservirea a încă unei mașini, dar se termină deservirea unei mașini care începe să funcționeze fără supraveghere;

— în intervalul de timp t la $t+\delta$, indiferent care este numărul de mașini în sistemul de așteptare, se înregistrează în sistemul de așteptare o variație a numărului de mașini mai mare de o mașină.

În baza acestor ipoteze rezultă

$$P_n(t+\delta)=P_{n-1}(t)\cdot[1-(1-A(\delta)^{N-n+1}]\cdot[1-B(\delta)]+P_n(t)\cdot[1-A(\delta)]^{N-n}\cdot$$

$$\cdot[1-B(\delta)]+P_{n+1}(t)\cdot[1-A(\delta)]^{N-n-1}B(\delta)+O(\delta). \tag{7.20}$$

Substituind pe $A(\delta)$ și $B(\delta)$ și împărțind cu δ rezultă

$$\frac{P_n(t+\delta)-P_n(t)}{\delta}=(N-n+1)\cdot\lambda\cdot P_{n-1}(t)-[(N-n)\lambda+\mu]\cdot P_n(t)+$$

$$+\mu\cdot P_{n+1}(t)+\frac{O(\delta)}{\delta}. \tag{7.21}$$

La limită dacă $\delta\to 0$, rezultă

$$\frac{dP_n(t)}{dt}=(N-n+1)\cdot\lambda\cdot P_{n+1}(t)-[(N-n)\cdot\lambda+\mu]\cdot P_n(t)+\mu\cdot P_{n+1}(t). \tag{7.22}$$

$$n=\overline{1,\ N-1}$$

Dacă $n=0$, atunci

$$P_0(t+\delta)=P_0(t)\cdot[1-A(\delta)]^N+P_1(t)\cdot[1-A(\delta)]^{N-1}\cdot B(\delta)+O(\delta), \tag{7.23}$$

de unde rezultă ecuația

$$\frac{dP_0(t)}{dt}=-N\cdot\lambda\cdot P_0(t)+\mu\cdot P_1(t), \tag{7.24}$$

iar dacă $n=N$ relația va avea forma

$$P_N(t+\delta)=P_{N-1}(t)\,A(\delta)\cdot[1-B(\delta)]+P_N(t)\cdot[1-B(\delta)]+O(\delta). \tag{7.25}$$

Scanned with OKEN Scanner

din care rezultă

$$\frac{dP_N(t)}{dt} = \lambda P_{N-1}(t) - \mu \cdot P_N(t). \tag{7.26}$$

Dacă se admite cazul echilibrului statistic, atunci

$$\lim_{t\to\infty} \frac{dP_n(t)}{dt} = 0, \quad n=\overline{1, N}; \tag{7.27}$$

în acest caz ecuațiile probabilităților modelului sînt date de sistemul de ecuații algebrice liniare

$$\begin{cases} -N\lambda p_0 + \mu p_1 = 0 \\ (N-n+1)\cdot\lambda\cdot p_{n-1} - [(N-n)\lambda+\mu]\cdot p_n + \mu p_{n+1} = 0, \quad n=\overline{1,\ N-1}, \\ \lambda p_{N-1} - \mu p_N = 0. \end{cases} \tag{7.28}$$

Relația a doua se mai poate exprima astfel

$$(N-n+1)\lambda p_{n-1} - \mu p_n = (N-n)\lambda p_n - \mu p_{n+1}. \tag{7.29}$$
$$n=\overline{1, N-1}$$

Notînd

$$Z_n = (N-n+1)\lambda p_{n+1} - \mu \cdot p_n, \tag{7.30}$$

se obține relația

$$Z_n = Z_{n+1}, \quad n=\overline{1,\ N-1}. \tag{7.31}$$

Din $Z_1=0$ rezultă $Z_n=0$, $n=\overline{1, N}$, deci $p_n=(N-n+1)\,\rho p_{n-1}$, $n=\overline{1, N}$, de unde

$$p_n = \frac{N!}{(N-n)!}\rho^n p_0. \tag{7.32}$$

Probabilitatea p_0 se obține din relația

$$\sum_{n=0}^{N} \frac{N!}{(N-n)!}\rho^n \cdot p_0 = 1, \tag{7.33}$$

de unde:

$$p_0 = \frac{1}{1+\sum\limits_{n=1}^{N} \frac{N!}{(N-n)!}\cdot\rho^n}. \tag{7.34}$$

Din repartiția variabilei aleatoare N_s numărul de unități din sistem

$$N_s: \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & n & \dots & N \\ p_0 & p_1 & p_2 & \dots & p_n & \dots & P_N \end{pmatrix}, \tag{7.35}$$

Scanned with OKEN Scanner

rezultă numărul mediu de mașini în sistemul de așteptare $\bar{N}_s$

$$\bar{N}_s = M(N_s) = \sum_{n=0}^{N} n p_n = \sum_{n=0}^{N} n \frac{N!}{(N-n)!} \rho^n \cdot p_0. \tag{7.36}$$

Substituind pe p_0 și efectuînd calculele algebrice se obține

$$\bar{N}_s = N - \frac{1}{\rho}(1-p_0). \tag{7.37}$$

Din aceste valori rezultă numărul mediu de mașini care așteaptă să fie deservite

$$\bar{N}_f = M(N_f) = \sum_{n=1}^{N} (n-1)\, p_n = \bar{N}_s - (1-p_0). \tag{7.38}$$

Substituind pe $\bar{N}_s$ cu valoarea determinată se obține

$$\bar{N}_f = N - \frac{\rho+1}{\rho}(1-p_0). \tag{7.39}$$

Media de inactivitate a executantului va fi

$$\bar{T}_e^a = \sum_{n=0}^{1} (1-n)\, p_n = p_0. \tag{7.40}$$

Numărul mediu de mașini în stare de funcționare

$$M(N-\bar{N}_s) = \sum_{n=0}^{N} (N-n)\, p_n = N - \sum_{n=0}^{N} n \cdot p_n = N - \bar{N}_s = \frac{1}{\rho}(1-p_0). \tag{7.41}$$

Probabilitatea ca o mașină să aștepte să fie deservită, adică probabilitatea ca executantul să fie ocupat este

$$p(>0) = \sum_{n=1}^{N} p_n = 1 - p_0. \tag{7.42}$$

Pentru a determina timpul mediu de așteptare a mașinilor în cazul regimului permanent de funcționare, media opririlor mașinilor nu mai este λ, ci $\lambda(N-\bar{N}_s)$. De aici rezultă

$$\bar{N}_f = \lambda(N-\bar{N}_s), \tag{7.43}$$

iar timpul mediu de așteptare a mașinii pentru a fi deservită din relația

$$\bar{T}_f = \frac{1}{\lambda(N-\bar{N}_s)} \bar{N}_f = \frac{1}{(N-\bar{N}_s)} \left[N - \frac{1+\rho}{\rho}(1-p_0) \right], \tag{7.44}$$

care se mai poate exprima sub forma

$$\bar{T}_f = \frac{1}{\mu} \left[\frac{N}{1-p_0} - \frac{1+\rho}{\rho} \right]. \tag{7.45}$$

Timpul mediu de aşteptare în sistem va fi

$$T_s = T_f + \frac{1}{\mu}\left[\frac{N}{1-p_0} - \frac{1+\rho}{\rho}\right]. \qquad (7.46)$$

Numărul optim de maşini cu funcţionare în regim aleatoriu deservite de un executant se determină pe baza unei funcţii economice.

Modelul de deservire a mai multor maşini de un executant la intervale de timp întîmplătoare necesită parcurgerea următoarelor etape:

Etapa 1. Alegerea zonei de deservire ce urmează a fi studiată.

Etapa 2. Efectuarea de observări asupra numărului de deserviri pe unitatea de timp aleasă.

Etapa 3. Aplicarea testului χ^2 pentru a verifica dacă fenomenul este de tip Poisson.

Etapa 4. Alegerea variabilei în funcţie de care urmează să se optimizeze deservirea mai multor maşini (Zona).

Etapa 5. Optimizarea propriu-zisă a procesului de deservire a mai multor maşini de către executant, prin minimizarea funcţiei $f(m_i)$ în raport cu numărul de maşini deservite şi calculul indicatorilor suplimentari ai variantei optime.

7.4.2. EXEMPLU DE APLICARE PRACTICĂ A MODELULUI EXPUS

Într-o unitate de producţie formată din maşini identice, care execută produse şi operaţii omogene, se pune problema determinării numărului optim de maşini deservite de un executant. Din măsurătorile statistice (tabelul 7.4) s-a constatat că numărul deservirilor diferă de la un interval de timp la altul, avînd un caracter întîmplător (aleator). De asemenea, s-a constatat că timpul de deservire a unei maşini este $t_s = 1{,}5$ minute/pe maşină deservită.

Tabelul 7.4

Frecvenţa categoriilor de deservire

Categorii de deserviri observate (nl)	3	4	5	6	7	8
Frecvenţa categoriilor de deserviri $f(_{nl})$	8	23	24	21	14	6

Se mai dau următoarele date:

- $W_h = 250$ lei/oră — productivitatea muncii a unui muncitor pe oră;
- $P_h = 400$ lei/oră — valoarea producţiei realizată de o maşină într-o oră de funcţionare.

Tema dată se rezolvă în cinci etape.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

Etapa 1. Pentru studiu se alege zona de mașini care se prevăd a fi polideservite.

Etapa 2. Se efectuează observări asupra numărului de deservire de oră pe mașină din zona de mașini.

Datele experimentale a funcționării unei mașini, efectuate în 96 intervale de cîte o oră sînt date în tabelul 7.4.

Din tabelul 7.4 rezultă că numărul deservirilor diferă de la interval la interval, avînd în caracter aleator. Pentru simplificarea analizei, s-a ordonat pe categorii și anume : 3 deserviri/oră s-au observat de 8 ori ; 4 deserviri/oră de 23 ori ; ...8 deserviri pe oră de 6 ori.

Utilizînd datele din tabelul 7.4 se calculează numărul mediu de deserviri al mașinilor pe oră ; calculul este executat cu ajutorul tabelului 7.5.

Tabelul 7.5

Calculul numărului mediu de deserviri pe oră

Categorii de deservire (nt)	3	4	5	6	7	8	Total categorii de deservire = 6
Frecvența deservirilor dintr-o categorie $f_{(nt)}$	8	23	24	21	14	6	$\Sigma f_{(nt)} = N = 96$
Numărul de unități deservite pe o categorie ($n_t \cdot f_{(nt)}$)	24	92	120	126	98	48	$\Sigma nt \cdot f_{(nt)} = 508$

Numărul mediu de mașini deservite (λ) într-o oră este

$$\lambda = \frac{\Sigma n_t \cdot f_{(nt)}}{N} = \frac{508}{96} = 5{,}29166.$$

Etapa 3. Ipoteza asupra repartiției Poisson a apariției deservirii mașinii se verifică cu testul χ^2.

Probabilitățile teoretice Poisson (determinate : prin calcul sau din tabelele funcției Poisson) pentru cele 6 categorii de deservire sînt redate în tabelul 7.6.

Tabelul 7.6

Probabilitățile teoretice Poisson pentru $\lambda = 5{,}29166$

Categoria deservirilor nt	$P(n)$
3	$P(3) = 0{,}1241$
4	$P(4) = 0{,}1642$
5	$P(5) = 0{,}1737$
6	$P(6) = 0{,}1532$
7	$P(7) = 0{,}1158$
8	$P(8) = 0{,}0766$

Scanned with OKEN Scanner

Ipoteza asupra repartiției Poisson a apariției deservirii mașinii se verifică prin testul χ^2 cu ajutorul tabelului 7.7.

Tabelul 7.7

Calculul lui χ_0^2 $N=96$

ni	$f_{(ni)}$	$P_{(ni)}$	$N_i=N\cdot P_{(ni)}$	$f_{(ni)}-N_i$	$(f_{(ni)}-N_i)^2$	$\frac{(f_{(ni)}-N_i)^2}{N_i}$
3	8	0,1241	11,9136	—3,9136	15,3162	0,1595
4	23	0,1642	15,7632	7,2368	52,3712	0,5455
5	24	0,1737	16,6752	7,3248	53,6526	0,5588
6	21	0,1532	14,7072	6,2928	39,5993	0,4125
7	14	0,1155	11,1168	2,8832	8,3128	0,0866
8	6	0,0766	7,3536	—1,3536	1,8322	0,0191
			$\chi_0^2=\sum\frac{(f_{(ni)}-N_i)^2}{N_i}$			1,782

Se determină numărul de grade de libertate (N_{g_1}) cu relația

$$N_{g_1}=n_i-2.$$

În exemplul cercetat $n_i=6$ (3, 4, 5, 6, 7, 8); deci

$$N_{g_1}=6-2=4 \text{ grade de libertate.}$$

Se alege pretenția $\varepsilon=0{,}05$ și pentru $N_{g_1}=4$ grade de libertate, în tabelele pentru repartiția χ^2 se găsește valoarea $\chi^2=9.49$. Deoarece

$$\chi^2>\chi_0^2,$$

$$(9{,}49>1{,}782)$$

se poate admite ipoteza repartiției mașinii pentru deservire este după legea lui Poisson cu $\lambda=5{,}29166$ deserviri pe oră.

Etapa 4. Variabila în funcție de care se optimizează deservirea este numărul de mașini deservite, ce se va determina în diferite variante, funcția de optimizat fiind

$$f(m_i)=W_i\cdot\bar{T}_e^a+\bar{P}_a\cdot\bar{N}_f\cdot\bar{T}_f\rightarrow \text{minim !}$$

Etapa 5. Se calculează indicatorii deservirii întîmplătoare a mai multor mașini de către un executant în mai multe variante de deservire și prin minimizarea funcției $f_{(mi)}$ se alege varianta optimă de deservire.

Varianta mi=3

Dacă $N=mi$ este numărul mașinilor deservite, atunci:

$\lambda_3=mi\cdot\lambda=3\times5{,}29=15{,}87$ mașini sînt de deservit în medie pe oră.

Timpul de deservire a unei mașini este $t_e=1,5$ minute pe o deservire a unei mașini, în interval de 60 minute. Executantul în medie poate efectua

$$\mu=\frac{60}{te}=\frac{60}{1,5}=40 \text{ deserviri pe oră.}$$

Factorul de servire sau gradul de ocupare a executantului, va fi

$$\rho_3=\frac{\lambda_3}{\mu}=\frac{15,87}{40}=0,397.$$

Probabilitatea ca toate cele 3 mașini să funcționeze la un moment dat sau probabilitatea de a nu fi în așteptare se obține din relația

$$P_0=\frac{1}{1+\sum_{n=1}^{mi}\frac{mi\,!}{(m_i-n)\,!}\rho^n},$$

$$P_{03}=\frac{1}{1+\frac{3\,!}{(3-1)\,!}0,397^1+\frac{3\,!}{(3-2)\,!}0,397^2+\frac{3\,!}{(3-3)\,!}\cdot 0,397^3}=$$

$$=\frac{1}{3,512}\simeq 0,285.$$

Numărul mediu de mașini în sistem în staționare la un moment dat

$$\bar{N}_s=mi-\frac{1}{\rho}(1-P_0)=3-\frac{1}{0,397}(1-0,285)\simeq 1,199 \text{ mașini.}$$

Numărul mediu de mașini ce așteaptă să fie deservite rezultă din

$$\bar{N}_f=\bar{N}_s-(1-P_0)=1,199-(1-0,285)=0,484 \text{ mașini.}$$

Timpul mediu de așteptare în șir a unei mașini într-o oră va fi

$$\bar{T}_f=\frac{\bar{N}_f}{(mi-\bar{N}_s)}=\frac{0,484}{15,87\,(3-1,199)}=0,0169 \text{ ore/oră.}$$

Timpul mediu de așteptare în sistem rezultă din

$$\bar{T}_s=\frac{\bar{N}_s}{\mu\rho\,(mi-\bar{N}_s)}=\frac{1,199}{40,0397\,(3-1,199)}=0,0419 \text{ ore/oră.}$$

Timpul mediu de așteptare a executantului într-o oră se calculează astfel

$$\bar{T}_e^a=P_{(0)}=0,285 \text{ ore/oră.}$$

Funcția economică pentru variante $mi=3$ mașini se calculează astfel

$$f_{(m3)}=\bar{W}_h\cdot\bar{T}_e^a+\bar{P}_h\cdot\bar{N}_f\cdot\bar{T}_{f3}$$

$$f_{(m3)}=250\cdot 0,285+400\cdot 0,484\cdot 0,0169=74,52 \text{ lei/oră.}$$

Analog s-au calculat valorile variantelor de deservire pentru mi ($i=4, 5, 6$), ce sînt sintetizate în tabelul 7.8.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.8

Tabelul variantelor de deservire şi de decizie

Indicatori	Variante de deservire *mi*			
	3	4	5	6
λ_i	15,87	21,16	26,45	31,74
μ_i	40	40	40	40
ρ_i	0,357	0,529	0,6613	0,7935
$P_{(0)i}$	0,285	0,08398	0,0146	0,0015
$\overline{N}_{si}$	1,1990	2,2684	3,5099	4,7417
$\overline{N}_{fi}$	0,484	1,3524	2,5245	3,793
$\overline{T}_{fi}$	0,0169	0,0369	0,0641	0,0937
$\overline{T}_{si}$	0,0419	0,0619	0,089	0,1187
$\overline{T}^{a}_{ei}$	0,285	0,08393	0,0146	0,0015
$f_{(mi)}$	74,52	40,94	68,38	140,66

Decizia optimă este $mi=4$

Calculele nu s-au mai executat pentru deservirea 7 şi 8 maşini, deoarece funcţia $f_{(mi)}$ de minimizat de la $mi=6$ prezintă o creştere accentuată.

Din tabelul 7.8 rezultă că optimum de deservire este pentru $mi=4$ maşini.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VIII

ORGANIZAREA STRUCTURALĂ A MIJLOACELOR DE PRODUCȚIE ȘI ADAPTABILITATEA LA APLICAREA SISTEMULUI POLIDESERVIRII

Din analiza sistemelor folosite la transformarea obiectului muncii se constată că, datorită unor factori tehnologici și economici, forma de organizare structurală a mijloacelor de producție și a forței de muncă poate fi foarte diferită. De aceea, pentru acțiunea de optimizare a funcționării sistemului, pentru stabilirea unei forme structurale corespunzătoare procesului de producție este necesar a se studia care sînt caracteristicile relațiilor reciproce dintre elementele componente ale sistemului.

În acest scop se vor lua în considerare sarcinile de producție, modul de formare și organizare structurală a mijloacelor de producție, ținînd seama de relațiile reciproce în contextul cerințelor de interacțiune a forței de muncă.

Organizarea structurală a unui sistem industrial se referă la modul de amplasare reciprocă a miiloacelor de producție și a forței de muncă, folosite în procesul de transformare a obiectului muncii, astfel încît deplasarea materialelor să se facă în cele mai bune condiții de eficiență economică.

Organizarea structurală influențează funcționalitatea generală a sistemului, impune în același timp anumite cerințe specifice asupra subsistemului, conducere operativă, forță de muncă, sistem informațional, precum și asupra unor activități din subsistemul tehnologic, ca cele cu privire la transport, depozitare și întreținere.

Din analiză, în raport cu sarcina de producție, a relațiilor reciproce în amplasarea locurilor în care se produc transformări, reiese concluzia importantă privind legătura dintre organizarea structurală și caracterul sarcinii de producție.

O astfel de analiză permite definirea posibilităților de amplasare, care poate fi: amplasare după procesele de prelucrare, orientată sau neorientată și amplasare după obiectul de prelucrat în (flux).

Amplasarea orientată este caracterizată prin gruparea mașinilor-unelte, deci a mai multor locuri de transformare, după identitatea sau asemănarea

Scanned with OKEN Scanner

lucrării de efectuat. Această structură are la bază „principiul naturii lucrării" și se caracterizează prin grupe de locuri de transformare care au aceeași natură. O astfel de formație de lucru poartă denumirea de atelier sau secție.

Amplasarea neorientată poate fi în puncte sau amplasare neorientată propriu-zisă. Amplasarea în puncte se referă întotdeauna la cazul fabricației la care se execută într-un singur loc — amplasare statică — toate operațiile întregului proces de transformare se efectuează consecutiv. Această formă de organizare structurală este cea mai veche. Ea este cunoscută din perioada manufacturieră, cînd diferențierea operațiilor era foarte redusă. Forme de amplasare neorientată se mai întîlnesc și astăzi la sistemele utilizînd mașini-unelte cu un înalt grad de tehnicitate, cum sînt mașinile agregat și centrele de prelucrare cu comandă numerică. Amplasarea neorientată propriu-zisă apare cînd procesul de fabricație necesită mai multe puncte de transformare, separate în operații, dar care sînt folosite în mod neregulat și într-o ordine nedefinită. Este cazul unor întreprinderi mici sau de reparații, cu activitate diversificată și cu o diviziune redusă a muncii sau întreprinderi cu obiective de muncă de dimensiuni mari și grele.

Formele de organizare cu structură orientată după procedee sînt cele mai răspîndite în întreprinderile constructoare de mașini, existînd o diviziune uzuală a fabricației în atelierele de ștanțare, prelucrare prin așchiere, tratamente termice etc., iar în cadrul acestora în ateliere, pe grupe de mașini-unelte.

Organizarea structurală orientată spre obiectul fabricației se caracterizează prin amplasarea locurilor de transformare într-o ordine care să permită succesiunea operațiilor necesare realizării sarcinii de producție.

Sistemele structurale ale mijloacelor de transformare prezintă deosebiri și din punct de vedere al modului de mișcare al materialului supus transformărilor.

În cazul amplasării în puncte, poziția materialului în raport cu locul de transformare nu se schimbă întrucît materia primă este transformată în produs finit în același loc.

În cazul amplasării neorientate sau orientate după procedee, transportul semifabricatelor este condiționat de traseul fluxului de fabricație, materialul trebuind să parcurgă în stare de semifabricat distanțe importante, iar uneori să staționeze în diferite puncte. În cazul amplasării interoperaționale structurale după obiect, amplasarea locurilor de fabricație și execuție a operațiilor de transformare permite minimizarea traseelor de transport și a duratelor de așteptare, obiectul muncii urmărind un flux bine direcționat.

Din analiza caracteristicilor de structurare în timp și spațiu, se constată că practic se mai întîlnesc și anumite situații cînd se folosesc sisteme combinate. Astfel, dacă se realizează o amplasare în spațiu orientată după procedee, folosind o succesiune a semifabricatelor în loturi, se obține o formă structurală de organizare tip atelier. În acest sistem de organizare, prin deplasarea pieselor în loturi, între posturile de transformare, rezultă un volum important de transport și imobilizări datorită așteptărilor tehnologice. Diviziunea muncii permite specializarea operațiilor și dezvoltarea gradului de înzestrare tehnică a posturilor de transformare, putîndu-se trece la o fabricație cu caracter de serie. Formele de tip atelier, cu grupe de mașini-unelte pe procedee, permit realizarea sarcinilor de fabricație de serie mică și mijlocie, cu un grad de complexitate mare sau mijlocie. Mijloacele de producție păstrează un grad de uni-

Scanned with OKEN Scanner

versalitate ridicat, dar se pot folosi și mașini-unelte speciale, universalitatea obținîndu-se prin creșterea gradului de dotare tehnică cu diferite dispozitive tehnologice.

Prin organizarea spațială după obiect (în flux), cînd succesiunea în timp a operațiilor tehnologice este stabilă, se obțin în liniile de prelucrare pentru producția de masă, cu desfășurarea procesului după un traseu rațional și stabil, cu grad mare de articulare și cu ciclu automat.

Organizarea fabricației orientată spre „obiect" este superioară organizării fabricației după procedee, datorită cheltuielilor mai mici necesare exploatării sistemului. Economiile se obțin prin faptul că viteza fluxului de material este mai mare, mobilizările semifabricatelor, transportul și depozitarea fiind comparativ mai mici ca la sistemul după procedee.

Prezentarea sistemelor de organizare structurală în timp și spațiu s-a considerat necesară, deoarece în studiul posibilităților de aplicare a sistemului polideservirii se impune o analiză bine documentată a particularităților fiecărui sistem de organizare în spațiu a producției. În această idee se prezintă în continuare principalele considerente de care trebuie să se țină seama la aplicarea deservirii mai multor mașini.

8.1. FORMA STRUCTURALĂ DE TIP ATELIER (SECȚIE)

Această formă structurală, orientată după procedee tehnologice se realizează luînd în considerare caracterul seriei și gradul de complexitate a piesei (pieselor), avînd în componență mașini-unelte universale, mașini specializate, centre de prelucrare care pot fi asistate de roboți de manipulare și transport.

Din analiza cheltuielilor de funcționare, pentru această formă de organizare structurală, se constată că acestea sînt influențate direct de o serie de perturbații de transport și imobilizare a materialelor și semifabricatelor, de circuitele relativ lungi de transport, de manipulări suplimentare și chiar de constatarea unor rebuturi.

Pentru optimizarea procesului de prelucrare și reducerea cheltuielilor se impune în primul rînd optimizarea „legăturilor" între piesă și mașină și a legăturilor dintre mașină-mașină.

O importanță trebuie acordată însă și modului de grupare al mașinilor unelte, studiindu-se condițiile optime de amplasare. Dacă se ține seama de o prioritate în ceea ce privește ordinea operațiilor și se ia în considerare ordinea preferențială de amplasare se obține o reducere a cheltuielilor generale de funcționare, ca urmare a reducerii cheltuielilor pentru deplasarea și manipularea pieselor.

Aplicarea unei astfel de metode a condus însă la realizarea unui amplasament care, din punct de vedere formal, apare „haotic", deoarece grupele de mașini-unelte nu sînt formate după asemănarea lor fizică, amplasament care conține însă o ordine interioară corespunzătoare fluxului se semifabricate.

Metoda de amplasare a mijloacelor de producție bazată pe acest principiu pornește de la studierea cerințelor de prelucrare a tuturor reperelor ce trebuie fabricate și a caracteristicilor mijloacelor de producție care concură la prelucrarea lor.

Scanned with OKEN Scanner

În ceea ce privește amplasarea mijloacelor de producție, se va ține seama de verigile de legătură, pe baza cărora se obține o optimizare a amplasării, dar trebuie să fie luate în considerare și caracterul reperelor de prelucrat, numărul mașinilor-unelte de același fel etc. Se poate obține astfel o amplasare care să conducă la micșorarea cheltuielilor de transport și manipulare.

Aplicarea sistemului polideservirii, la această formă de structură organizatorică a mijloacelor de producție, prezintă unele dificultăți din cauza complexității și multitudinii elementelor de care trebuie să se țină seama. În mod deosebit trebuie să se analizeze raportul dintre timpul de mașină și timpii auxiliari caracteristici procesului de prelucrare.

8.2. FORMA STRUCTURALĂ ÎN FLUX

8.2.1. ORGANIZAREA UNEI LINII DE FABRICAȚIE ÎN FLUX

Forma structurală de organizare pe „obiect" este o formă superioară a procesului de prelucrare, putînd fi aplicată în condițiile cînd caracterul de serie al producției permite aplicarea sistemului de organizare a fabricației în flux.

Din studiul asemănărilor pieselor de prelucrat, dirijat către evidențierea analogiilor tehnologice, se pot obține condiții pentru gruparea mai multor piese asemănătoare, ceea ce va conduce la creșterea caracterului de serie al fabricației.

Totuși, apare și în acest caz o diversificare îndeosebi prin faptul că este necesară prelucrarea simultană a unor seturi de piese diferite. Pentru a putea realiza caracterul de serie trebuie să se schimbe mai frecvent lotul de piese, creîndu-se astfel condiții pentru prelucrarea succesivă a unor produse finite.

Problema raționalizării organizării fabricației în flux, pentru cazul producției de serie mică și mijlocie, cu grad mare de diversificare, revine la a organiza linii tehnologice cu o flexibilitate mărită care să permită, pe de o parte, asigurarea continuității procesului de prelucrare, iar pe de altă parte schimbarea cu perturbații minime a pieselor în fabricație în limitele aptitudinii liniei respective. Acestui tip de fabricație în flux îi corespunde, ca formă structurală de organizare, categoria liniilor multiobiect sau polivalente care permit fabricația simultană a proceselor asemănătoare tehnologic și prezintă flexibilitate în raport cu schimbarea sarcinii de producție.

Studiul analogiilor succesiunilor, respectiv a secvențelor în care fluxul de materiale se transformă în produse finite, permite dezvoltarea metodelor, însăși a organizării liniilor de fabricație, iar caracterul seriei, tipul produsului și gradul de dezvoltare a tehnicii permit diferențierea liniilor de fabricație după criterii orientate spre gradul de articulare a operațiilor, gradul de automatizare a procesului de prelucrare și de comandă a fluxului, caracterului de ritmicitate a livrării produselor precum și aptitudinea de flexibilitate în sensul prelucrării simultane a unor produse diferite.

Pornind de la un sistem de clasificare, bazat pe criterii care să permită punerea în evidență a tipurilor de linii multiobiect și domeniile de aplicabili-

Scanned with OKEN Scanner

tate, se pot caracteriza liniile în flux în funcţie de parametrii reperelor la : organizarea procesului de fabricaţie, forţa de muncă, maşini-unelte, echipament tehnologic şi semifabricate care urmează a fi prelucrate.

Principalii parametri care caracterizează organizarea procesului de prelucrare în acest sistem sînt :

a. Parametrii privind organizarea procesului în flux ; norme de timp pe operaţie ; numărul de locuri de muncă ; numărul de operaţii ; gradul de concentrare al operaţiilor ; coeficientul de sincronizare a fluxului şi coeficientului de ritmicitate. Linia trebuie să asigure prelucrarea unui anumit volum de piese, asigurîndu-se o anumită ritmicitate. Durata operaţiilor pe posturi de lucru să fie aproximativ aceeaşi. În acest sens se poate face o divizare a operaţiilor.

b. Parametrii privind forţa de muncă : calitatea forţei de muncă ; coeficientul de utilizare a timpului de lucru ; norma de servire a locului de muncă.

c. Parametrii privind echipamentele de dotare tehnologică ; număr de scule ; calitatea, universalitatea şi reglarea sculelor ; posibilitatea de prelucrare simultană a mai multor piese.

d. Parametrii maşinilor-unelte care pot influenţa forma de organizare sînt : regimul tehnologic ; gradul de automatizare ; coeficientul de utilizare a maşinii-unelte ; posibilitatea de reglaj şi gradul de specializare a maşinii-unelte.

e. Parametrii privind semifabricatele : forma, dimensiunea şi greutatea pieselor, materialul din cares înt confecţionate semifabricatele, mărimea stocurilor pentru asigurarea continuităţii operaţiilor pe linie ; modul de deplasare a semifabricatelor ; deplasare bucată cu bucată sau în loturi şi bucăţi ; mijloacele de transport folosite pentru transportul de la un post de lucru la altul, să asigure alimentarea continuă.

Organizarea spaţială a liniei trebuie să se facă astfel ca să se asigure o distanţă minimă între posturi.

În ceea ce priveşte caracteristicile liniilor în flux, se cunosc posibilităţile de prelucrare în funcţie de caracteristicile pieselor de prelucrat, putînd avea, din acest punct de vedere, linii în flux continuu monoobiect sau multiobiect.

Liniile monoobiect pot fi cu cîte un loc de transformare (prelucrare) pentru fiecare operaţie sau cu mai multe operaţii la un loc de prelucrare.

Liniile multiobiect pot fi în flux continuu sau în flux discontinuu, acestea din urmă putînd fi cu sau fără schimbare de reglaj.

Liniile cu flux continuu, prevăzute cu cîte un loc de muncă pentru fiecare operaţie oferă posibilităţi de folosire a polideservirii, dar muncitorul trebuie să se deplaseze de la o maşină la alta, ceea ce poate atrage după sine, din cauza unui traseu lung de deplasare şi din cauza unei lipse de sincronizare a intervenţiilor cu timpul de lucru a maşinilor, pe de o parte stagnări (opriri), iar pe de altă parte creşterea stocurilor de piese interoperaţii.

Dintre liniile multiobiect, la acelea fără schimbarea reglajului, prin prelucrarea în loturi, folosirea dispozitivelor cu reglare permanentă se pot obţine creşteri ale productivităţii muncii. Datorită reducerii timpilor auxiliari se creează condiţii favorabile pentru aplicarea polideservirii. Pentru deservirea posturilor de transformare, mai ales în condiţiile în care se folosesc maşini-unelte cu comandă numerică sau maşini-agregat se recomandă aplicarea sistemului polideservirii în echipă.

Scanned with OKEN Scanner

O astfel de linie prezintă elasticitate și adaptabilitate la stabilirea succesiunii de intrare în fabricație a reperelor diverse, se reduce necesarul de echipamente și scule, se îmbunătățește gradul de folosire a suprafețelor, se reduce costul prelucrărilor.

8.3. PROCESE TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE PE MAȘINI-UNELTE CU COMANDĂ NUMERICĂ (CN, CNC) ȘI AUTOMATE. INFLUENȚE ASUPRA ACTIVITĂȚII DE POLIDESERVIRE

În cadrul procesului de fabricație este astăzi bine cunoscut că ponderea prelucrărilor prin așchiere, asupra unor tipuri de piese, este reprezentată prin producția de serie, ceea ce determină folosirea, în tot mai mare măsură, mașini-unelte cu posibilități mai largi de flexibilitate. În acest sens se remarcă, mai ales în ultimele decenii, o preocupare intensă pentru realizarea unor mașini-unelte cu sisteme de comandă numerică.

Pentru evidențierea avantajelor pe care le oferă aceste tipuri de mașini-unelte se prezintă o succintă privire asupra condițiilor în care acestea au fost create.

De fapt structura constructivă a acestor mașini a rezultat din studiul ciclului de lucru a mașinilor-unelte universale în sensul de a se elimina cerința de participare a omului la diferite faze de lucru a mașinii.

Din analiza structurii ciclului de lucru a unei mașini-universale rezultă componentele principalelor faze cunoscute și anume : prinderea piesei în dispozitiv, pornirea mașinii, apropierea sculei, operații de așchiere propriu-zise, retragerea sculei, oprirea mașinii (desprinderea, scoaterea) piesei din dispozitiv.

Numărul de faze, succesiunea lor, gradul de repetare sînt specifice fiecărui tip de mașină-unealtă, respectiv piesei de prelucrat, operației de efectuat, iar uneori chiar muncitorului care o deservește.

Dintre toate aceste faze doar așchierea constituie factorul efectiv productiv al mașinii-unelte, prin care se realizează modificarea dimensiunilor și a formei semifabricatului. Celelalte faze sînt auxiliare care contribuie la pregătirea operației de așchiere. O parte din aceste faze se efectuează în timp cît mașina este oprită iar altă parte cînd mașina merge în gol.

Din această analiză a modului de lucru a mașinilor-unelte universale, se constată că în general numai faza de așchiere se poate efectua fără intervenția directă a omului.

Celelalte faze sînt efectuate prin mînuiri. Din studiul pentru eliminarea sau reducerea timpului de oprire sau de mers în gol, pentru eliminarea mînuirilor, au rezultat sisteme de comandă și de acționare automate, printre acestea o pondere tot mai însemnată începe să aibă mașinile-unelte cu comandă numerică (CN).

Scanned with OKEN Scanner

În general, sistemele de automatizare sînt diferențiate atît prin complexitatea lor, prin sistemul port program, cît și prin structura constructivă a mașinii-unelte. Prin instrucțiunile sau programele elaborate dinainte se comandă mișcările și fazele necesare efectuării operațiilor de prelucrare, sistemul conținînd valorile numerice memorizate pe suportul portprogram.

În continuarea dezvoltării sistemelor de mașină-unealtă CN se construiesc mașini-unelte înzestrate cu echipamente, cu calculator integrat CNC.

Prin folosirea mașinilor cu comandă numerică, pe lîngă eliminarea intervenției umane, se obțin mai multe avantaje. Dintre acestea se amintesc:

— se realizează o mai bună utilizare a mașinilor-unelte, crește productivitatea;

— se elimină necesitatea de a se dota mașina cu SDV-uri;

— se elimină factorii subiectivi care pot fi introduși în procesul de prelucrare de către muncitor, asigurîndu-se în acest fel realizarea în mod constant a unor calități superioare;

— se reduce timpul auxiliar necesar reglării inițiale la trecerea de la un tip de piesă la alt tip de piesă, această operație fiind executată prin înlocuirea purtătorului de program (bandă, cartelă);

— se ușurează reluarea prelucrării aceleiași piese prin refolosirea berzii;

— pentru prelucrarea aceluiași tip de piesă pe mai multe mașini-unelte CN se multiplică purtătorul de program;

— se reduce timpul de acțiune asupra mașinii-unelte pentru modificări de reglare în scopul modificărilor unor cote ale piesei de prelucrat, acționîndu-se numai asupra purtătorului de program.

În general, se constată o reducere a costurilor de prelucrare la introducerea în procesul de producție a acestor mașini. Este adevărat că investiția este mai mare însă prin creșterea productivității și a calității produselor. Durata de amortizare se reduce la 4—5 ani.

Pentru folosirea mașinilor CN sînt necesare și unele revederi în ceea ce privește pregătirea operatorilor și tehnologiilor pentru elaborarea tehnologiei și întocmirea purtătorului de program.

Se necesită pregătirea echipamentelor necesare, scule standardizate etc.

Din cele menționate se constată că deservirea unor astfel de tipuri de mașini-unelte nu solicită operatorul decît în mică măsură, cea mai mare parte din ciclul de lucru a mașinii desfășurîndu-se fără intervenția operatorului, ceea ce înseamnă că sînt create condiții favorabile pentru aplicarea sistemului polideservirii.

Pentru polideservirea mașinilor-unelte CN sau CNC trebuie să se folosească cadre cu pregătire corespunzătoare pentru a putea interveni rapid în caz că apar unele defecțiuni. Aceleași condiții se cer și colectivului de elaborare a tehnologiei și elaborarea purtătoarelor de program. Caracteristicile constructive și funcționale ale mașinilor-unelte CN și CNC asigură condiții optime pentru încadrarea lor în celule de fabricație flexibile. Polideservirea impune și o policalificare pentru colectivul mixt care se formează.

Scanned with OKEN Scanner

8.4. UNELE PARTICULARITĂȚI ALE TEHNOLOGIEI DE PRELUCRARE PE MAȘINI AGREGAT ȘI CENTRE DE PRELUCRARE

8.4.1. MAȘINILE-UNELTE AGREGAT

Analizate din punct de vedere structural, mașinile-unelte agregat se prezintă ca celule de fabricație constituite din mai multe posturi de lucru unificate într-un ansamblu, în variante diferite. Constructiv se pot categorisi în agregate cu post fix folosind mai multe scule de prelucrare simultană sau cu mai multe posturi de fixare a semifabricatului.

Construcția mașinilor-unelte agregat se realizează pe principiul diferențierii procesului tehnologic în elemente componente, operații simple, a căror efectuare se concretizează într-o mașină complexă.

Mașinile-unelte agregat se diferențiază prin cinematica, sistemul de acționare, dispozitive, posturi de fixare și poziționare a semifabricatelor, sisteme de transfer, număr și fel de scule, grad de automatizare etc.

Prin concentrarea operațiilor, mașinile-unelte agregat asigură o mai mare productivitate decît mașinile cu un singur post de lucru independent. Suprapunerea timpului de încărcare-descărcare în timpul de bază se face să crească raportul dintre timpul de mașină și timpul auxiliar, se creează astfel condiții favorabile pentru aplicarea sistemului de polideservire.

Alte avantaje se referă la reducerea suprafețelor ocupate, se reduce forța de muncă, se reduc mijloacele auxiliare de transport prin automatizare, se elimină sau se reduce timpul de mers în gol din ciclul de lucru al mașinii.

Ritmul de producție se realizează în foarte bune condiții, se micșorează cerințele de a avea rezerve de semifabricate interoperații.

8.4.2. CENTRE DE PRELUCRARE

În ceea ce privește centrele de prelucrare, ca mașini-unelte complexe automatizate, acestea se folosesc mai ales la prelucrarea unei singure piese complexe, cu posibilități de efectuare a unui număr mai mare de operații, de poziționare automată a suprafețelor de prelucrat și a sculelor.

Se execută operații de frezare, găurire, alezare, adîncire, lamare etc.

Pentru efectuarea operațiilor, centrele de prelucrare sînt prevăzute cu magazie de scule, a căror mărime și complexitate este determinată de complexitatea tehnologiei de prelucrare.

Pentru ciclul tehnologic, mașinile se prevăd astăzi cu sisteme de comandă CNC, ceea ce asigură o funcționare automată fără intervenția omului în procesul de prelucrare. Pe lîngă productivitatea ridicată se realizează și o prelucrare cu precizie foarte ridicată.

La centrale de prelucrare de fapt, după fixarea programului de lucru, ciclul de prelucrare desfășurîndu-se automat nu mai este necesară o supraveghere continuă a modului cum se desfășoară procesul de prelucrare atenția fiind orientată asupra aparaturii de comandă, de control etc. Se constată în prezent că grupează mai multe centrale de prelucrare sau se încadrează în celule de fabricație în vederea creșterii flexibilității procesului de prelucrare.

Scanned with OKEN Scanner

În aceste cazuri se folosesc sisteme de transfer prin care se asigură alimentarea semifabricatelor, respectiv după prelucrare se scot din circuitul tehnologic.

Soluția modernă folosită este aceea a dispozitivelor tip paletă prin care se asigură poziționarea semifabricatului atît în timpul transportului cît și la prelucrare.

Pentru studiul posibilităților de încadrare a acestor tipuri de mașini-unelte într-un sistem de polideservire, interesează în ce măsură ciclul de prelucrare solicită prezența operatorului, respectiv care este durata intervențiilor și aceea de supraveghere.

Din studiul componentelor ciclului de prelucrare, în ambele cazuri, se constată că durata de intervenție este redusă, că majoritatea intervențiilor (operațiilor) care se efectuează la lucrător se suprapun cu perioada de prelucrare (timpul de bază).

Din succinta prezentare a tehnologiilor de prelucrare pe cele două tipuri de mașini-unelte se reține că în ambele cazuri sînt condiții favorabile pentru aplicarea cu eficiență mare a sistemului polideservirii.

Din structura intervențiilor pe care trebuie să le facă operatorul se constată că pentru a le putea satisface în bune condiții se cere să aibă o policalificare, în general să aibă o pregătire de un nivel mai superior.

Trebuie menționat că cele două tipuri de mașini-unelte pot fi cuprinse, cu rezultate foarte bune, în cadrul unor celule de fabricație la care se aplică sistemul polideservirii.

Dezvoltarea și modernizarea mașinilor-unelte agregate, mai ales prin folosirea sistemelor de poziționare și fixare automată a semifabricatului se continuă cu o fază superioară odată cu introducerea unor sisteme de deservire. În acest sens, în prima fază se folosesc sistemul de manipulare mecanice, în continuare trecînd spre faza folosirii unor roboți.

Ca exemplu de deservire a unor agregate cu manipulatoare se prezintă realizările întreprinderii mecanice Cugir.

Agregatul realizat, fig. 8.1, are următoarele caracteristici constructive: masă indexabilă cu 8 posturi cu dispozitive de fixare automată a semifabricatelor, dintre acestea 6 posturi sînt active, iar 2 sînt folosite pentru alimentare, respectiv pentru evacuarea piesei prelucrate.

Manipulatorul realizat pentru deservirea agregatului are două brațe, unul folosit pentru alimentarea iar cel de al doilea pentru evacuarea piesei prelucrate. Manipulatorul are 3 grade de libertate: verticală, orizontală și rotație. Cele două mîini mecanice formează între ele un unghi de 45°, avînd posibilitatea unei mișcări radiale față de masa agregatului în vederea poziționării piesei în dispozitivul de fixare, respectiv de prinderea piesei la evacuare.

Se poate aprecia că soluția adoptată prezintă importanță, prin simplitatea sa, corespunde pe deplin pentru deservirea în foarte bune condițiuni a unei celule flexibile de prelucrare pe care o reprezintă agregatul realizat.

Din caracteristicile constructive și funcționale se apreciază că acesta poate fi cuprins într-o celulă flexibilă de prelucrare formată din mai multe agregate de prelucrare.

Din evaluarea costului robotului (manipulatorului) și a economiilor realizate prin folosirea la deservirea agregatului se constată că durata de amorti-

Scanned with OKEN Scanner

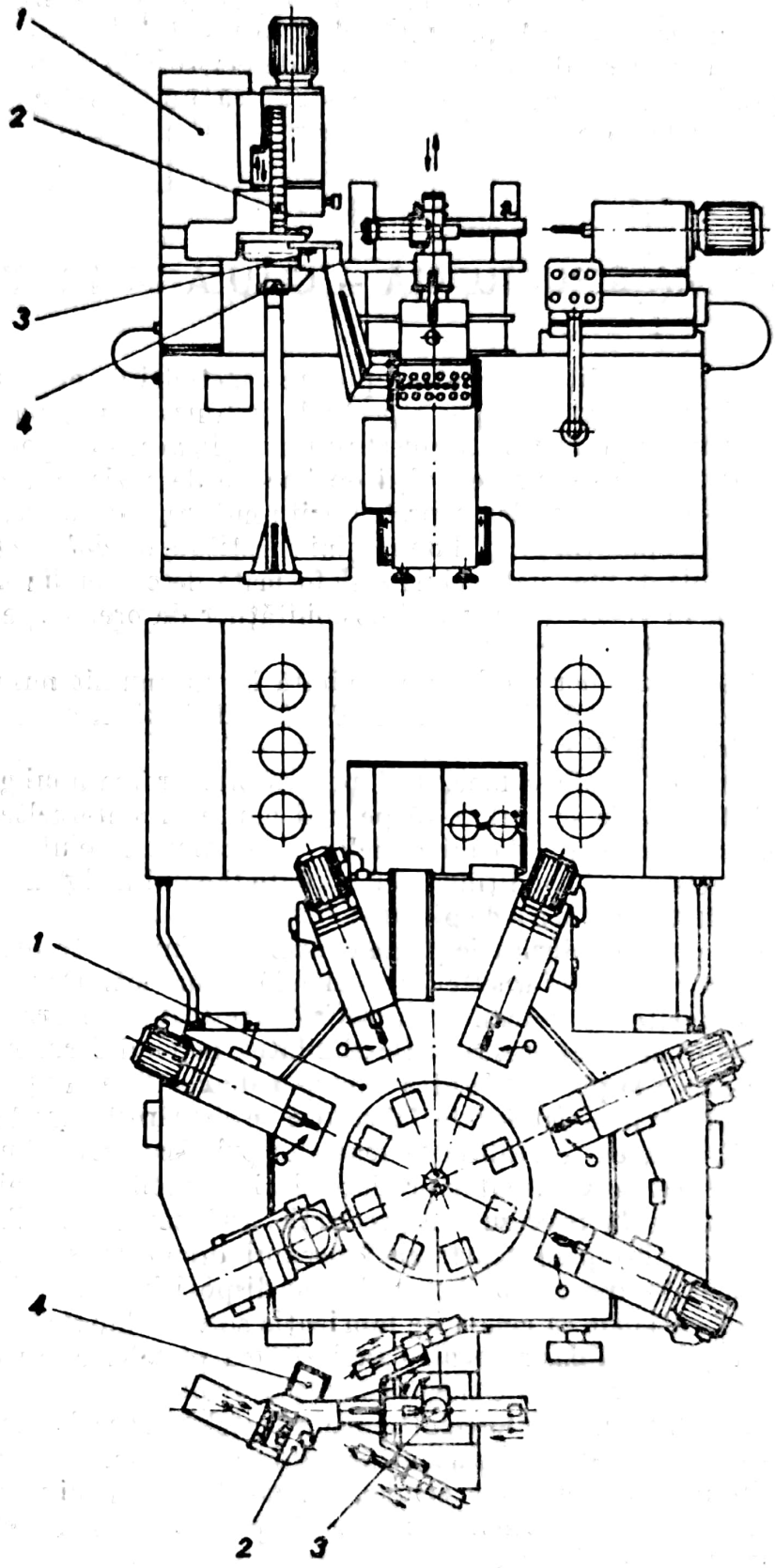


Fig. 8.1. Agregat realizat de Întreprinderea Mecanică Cugir : 1 — Agregat ; 2 — alimentator ; 3 — manipulator ; 4 — container piese finite.

Scanned with OKEN Scanner

zare este de cca 6 ani, ceea ce prezintă avantaj economic, neluînd în considerare şi alte avantaje pe care le prezintă folosirea robotului.

Din punct de vedere al sistemului de polideservire, din caracteristicile timpilor de supraveghere şi deservire se constată că un operator poate deservi uşor 4—5 posturi de lucru.

8.5. FORMA STRUCTURALĂ — CELULĂ DE FABRICAŢIE

În ideea creerii condiţiilor pentru aplicarea metodei deservirii mai multor maşini, aşa după cum s-a văzut, apar aspecte de organizare spaţială a mijloacelor folosite în procesul de prelucrare a obiectului muncii, adică gruparea maşinilor-unelte astfel încît să se asigure condiţii optime de deservire a acestora. Dacă această grupare se face în vederea prelucrării unui grup de piese, la care sînt de efectuat diferite operaţii, grupul de maşini constituie o *celulă de fabricaţie*. În funcţie de operaţiile de efectuat, celula este formată de obicei din maşini-unelte de diverse tipuri, în vederea asigurării posibilităţilor de prelucrare a unor produse şi operaţii diferite.

Diversitatea produselor va fi însă limitată la un anumit număr de tipuri de piese, care vor forma, de fapt, *grupa tehnologică de piese*, care se vor putea prelucra în cadrul celulei respective.

Organizarea unei celule se face, deci, pentru prelucrarea unui grup de piese a căror ciclu de fabricaţie se realizează pe mai multe maşini-unelte, cu caracter tehnologic multioperaţional. Maşinile-unelte care compun celula de fabricaţie trebuie însă să satisfacă şi condiţiile unei anumite flexibilităţi pentru a se putea prelucra o diversitate mai mare de piese.

În general, celula de fabricaţie poate conţine maşini-unelte maşini agregat, centre de prelucrare, maşini-unelte cu comandă numerică. Dacă în celulă se introduc maşini-unelte cu comandă numerică, aceste fac să crească flexibilitatea celulei şi în acest fel creşte şi flexibilitatea privind formarea grupei de piese care urmează a fi prelucrate. Un exemplu de celulă eterogenă se dă în figura 8.2. Prin formarea celulei de fabricaţie se urmăreşte creşterea productivităţii muncii, ceea ce se realizează mai ales prin scurtarea duratei ciclului de fabricaţie, reducerea volumului producţiei şi implicit a mesei mijloacelor circulante imobilizate în procesul de producţie, reducerea timpilor auxiliari, reducerea transportului prin scurtarea traseului de lucru şi a timpului de manipulare şi prin dotarea maşinilor-unelte cu dispozitive speciale.

Trebuie de menţionat că celula de fabricaţie se va echipa cu SDV-uri care să satisfacă cerinţele de folosire pentru majoritatea pieselor ce se vor prelucra în celulă, deci şi SDV-urile să fie flexibile.

Gruparea maşinilor-unelte în celulă se face astfel încît să formeze un sistem compact de prelucrare, putîndu-se asemăna cu o maşină sintetică, care prezintă o largă flexibilitate. Dimensiunile celulei, numărul de maşini-unelte cuprinse sînt determinate de caracteristicile grupelor de piese care urmează a fi prelucrate şi de operaţiile de efectuat.

În principiu, nu se recomandă formarea de celule de fabricaţie cu un număr prea mare de maşini-unelte, celule mai mari pot avea 20—30 maşini-unelte, dar în mod obişnuit celulele conţin mai puţin de 10 maşini-unelte.

Scanned with OKEN Scanner

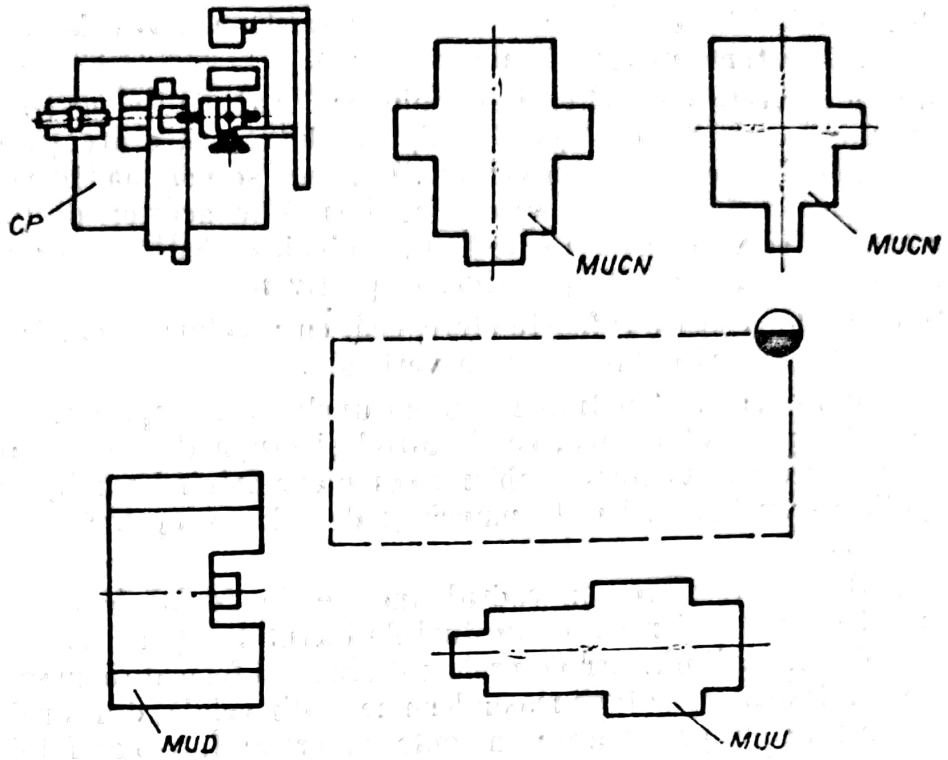


Fig. 8.2. Celulă de fabricație flexibilă eterogenă : C.P. — centru de prelucrare ; M.U.C.N. — mașină-unealtă cu comandă numerică ; M.U.U. — mașină-unealtă universală ; M.U.D. — mașină de danturat.

Din studiile efectuate se constată că în cadrul celulei de fabricație se poate obține un grad de încărcare a mașinilor-unelte înalt, deși în unele cazuri acesta nu este neapărat necesar pentru toate mașinile din celulă.

Este necesar de menționat că pentru formarea grupelor de piese, în principiu, se va lua în considerare caracteristicile pieselor și a tehnologiilor astfel ca să se poată efectua în cele mai bune condiții tehnice și economice operațiile de prelucrare și control. Ținînd seama și de faptul că la prelucrarea prin așchiere, procesul de prelucrare prezintă o complexitate destul de mare, la formarea grupelor de piese trebuie să fie luate în considerare următoarele elemente caracteristice : natura pieselor (turnate, forjate, laminate etc.), forma pieselor (cilindrică, conică, paralelipipedică), dimensiunile pieselor, caracteristicile tehnice și tehnologice. De asemenea, traseele tehnologice sau coincidențele dintre caracteristicile grupei de piese și atitudinea grupei de mașini-unelte care compun celula de fabricație.

Numărul muncitorilor care deservesc celula de fabricație este de obicei mai mic ca acel al mașinilor-unelte, chiar dacă celula este formată numai din mașini-unelte universale. În aceste condiții, muncitorii sau numai o parte din cei care formează colectivul au obișnuit o pregătire mai complexă, sînt policalificați.

Această cerință se impune pentru a putea interveni cu competență la diferite posturi de lucru, respectiv operații, în cadrul celulei de fabricație.

De fapt, pentru asigurarea unui flux continuu de lucru și a unei productivități optime în cadrul celulei de fabricație se aplică metoda polideservirii. Desigur, la organizarea unei celule de fabricație se va ține seama și de posi-

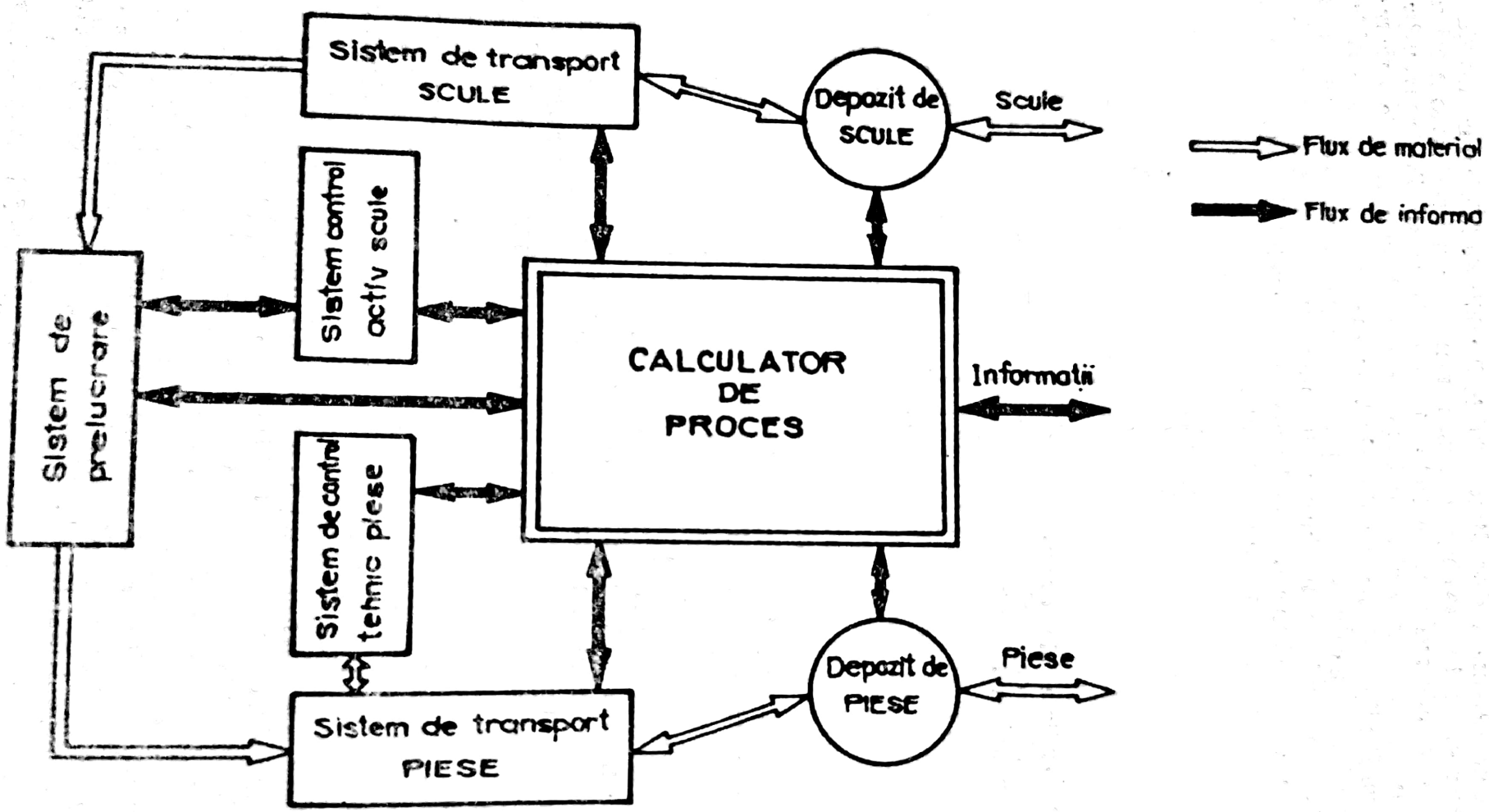


Fig. 8.4. Structura de principiu a unui sistem flexibil de fabricație.

Scanned with OKEN Scanner

Un sistem flexibil de fabricație prezintă posibilități multiple de variabilitate a procesului de prelucrare, datorită flexibilității operațiilor de efectuat, a dispozitivelor specifice, a sculelor de prelucrat și a sistemului de transfer.

În general, un astfel de sistem complex se realizează prin combinarea unor sisteme de prelucrare cu un grad dezvoltat de automatizare a procesului de prelucrare și de control, avînd subsisteme logistice automatizate. În cadrul sistemului se folosesc de asemenea subsisteme de informatizare a procesului integrat cu subsisteme de comandă și cu centre de conducere a gestiunii.

Pentru aplicarea eficientă a unui sistem flexibil de fabricație se impune cunoașterea unor principii de care trebuie să se țină seama la pregătirea și organizarea implementării sale. Dintre acestea se consideră că cele mai semnificative sînt următoarele:

a. Din punct de vedere al elementelor (pieselor) care urmează a fi prelucrate se recomandă studiul posibilităților de unificare constructivă în vederea măririi seriilor de fabricație.

b. Pentru reducerea duratei de concepție și proiectare a noilor produse se va folosi proiectarea asistată de calculator.

c. La proiectarea tehnologiilor și SDV-urilor se va extinde tipizarea și modularizarea folosindu-se calculatorul.

d. Dotarea mașinilor unelte se va face cu SDV-uri standardizate pentru a se reduce diversitatea și costul acestora.

Pe lîngă acestea, o serie de măsuri se referă la modul de folosire și gospodărire a utilajelor, a sistemelor de transport ș.a. În acest sens se amintesc cîteva:

— organizarea în așa fel a procesului de prelucrare încît să se asigure încărcarea, la capacitatea de producție, a mijloacelor sistemului;

— gospodărirea în cele mai bune condițiuni a SDV-urilor, întreținere, reparare, depozitare;

— se va adopta un sistem de transfer prin care să se asigure alimentarea în condiții bune a posturilor de lucru cu materiale, semifabricate etc. Sistemul de transfer poate cuprinde în funcție de caracteristicile sistemului de transformare: transportoare, instalații de manipulare, dispozitive de control al fluxului, dispozitiv de poziționare-fixare, dispozitive pentru depozitare etc. În această privință se va ține seama că folosirea unui sistem logistic de alimentare a locurilor de transformare bazat pe principiul paletizării oferă posibilități de satisfacere, în condiții optime, a cerințelor de alimentare.

Un astfel de sistem compus din stații de încărcare-descărcare, respectiv de fixare și eliberare a piesei (pieselor) de pe paletă asigură în cele mai bune condiții transferul obiectelor muncii.

În privința deservirii stațiilor de încărcare și descărcare, aceasta se poate realiza manual sau de roboți.

Pentru asigurarea desfășurării procesului de prelucrare, în cadrul unei celule flexibile de fabricație, posturile de transfer se prevăd cu posibilități de menținere a unor piese în așteptare fără ca sistemul să fie oprit.

Structura posturilor de transfer și de dirijare a obiectului de prelucrat se va constitui astfel încît să asigure transferul între posturile de transformare. Un sistem flexibil de transfer trebuie să permită dirijarea transportului pe parcursul cel mai scurt, de fapt traseul parcurs va fi astfel dirijat încît să se alimenteze primul post liber din sistemul celular. Această cerință se poate rea-

Scanned with OKEN Scanner

liza folosind pentru comandă un calculator conexat cu calculatoarele care comandă procesul de prelucrare și de manipulare.

Prin folosirea unor astfel de sisteme se asigură atît comanda în timp real a mișcărilor paletelor, cît și a manipulatoarelor în postul de lucru.

De fapt, modul de transformare și de comandă, în cazurile concrete sînt diferențiate în funcție de numărul de posturi, caracteristica constructivă și mărimea pieselor, diversitatea acestora, volumul producției, numărul de operații, precizia de prelucrare etc.

De menționat că întreg sistemul va funcționa în cele mai bune condiții, dacă se vor folosi sisteme de colectare și prelucrare a datelor, prin sisteme informaționale moderne, rețea de calculatoare interconectate, atît pentru pregătirea și lansarea cu ajutorul calculatorului, cît și colectarea datelor de proces, gestiune automatizată etc.

Pentru asigurarea în cele mai bune condițiuni a funcționării tuturor sistemelor, se vor folosi cadre cu pregătire corespunzătoare.

Din punct de vedere al procesului de prelucrare, sistemul flexibil creează condiții pentru reducerea cheltuielilor de fabricație, mai ales pentru producția de serie mică și mijlocie, avînd o diversitate medie, deoarece permite introducerea în ciclul de fabricație a unor elemente ale familiei de produse grupate, fără a fi necesar a se consuma, timp pentru reechiparea și rearanjarea reglajelor mașinilor-unelte.

Analizînd condițiile de flexibilitate a unui sistem de prelucrare se constată că are importanță asemănarea tehnologică a pieselor selectate. În general, din punct de vedere al criteriilor de asemănare tehnologică, se pot considera două categorii de piese. Una din categorii cuprinde piesele cu asemănare mare care, deși vor prezenta variații dimensionale, se încadrează totuși într-o limită în ceea ce privește menținerea formelor. O astfel de categorie de piese se consideră că formează o familie „închisă", caracterizîndu-se prin aceea că prezintă aceleași tipuri de operații de prelucrare.

Cea de-a doua categorie cuprinde piesele de forme și dimensiuni diferite, dar necesită operații și condiții comune de prelucrare. Aceasta formează așazisa familie „deschisă" de piese.

De menționat că, pentru ambele familii, mijloacele de producție vor prezenta un anumit grad de flexibilitate. Pentru prelucrarea pieselor din familia „închisă" se necesită o dezvoltare a flexibilității mașinilor-unelte, sistemul logistic putînd prezenta o structură rigidă.

Pentru familia „deschisă" de piese se cere o anumită flexibilitate a sistemului, mijlcace de prcducție și sistem logistic.

8.6.1. SUBSISTEMUL FORȚA DE MUNCĂ ÎN SISTEME FLEXIBILE

Aplicarea sistemului de fabricație flexibil are influență și asupra subsistemului forța de muncă. Considerat în ansamblul său, efectul introducerii sistemului flexibil va conduce pentru aceeași sarcină de producție la o reducere absolută a mărimii subsistemului, la reducerea numărului de profesii, la apariția unor noi profesii și la schimbarea ponderilor care caracterizează structura subsistemului forței de muncă. Astfel, în evoluția acestui sistem se constată

Scanned with OKEN Scanner

o micșorare a numărului total de personal, o modificare în cerințele individuale a structurii după profilul de calificare a personalului precum și a nivelelor ierarhice.

8.6.2. ASPECTE ALE APLICARII SISTEMULUI POLIDESERVIRII LA CELULE FLEXIBILE

Aplicarea sistemului polideservirii în cadrul unor celule flexibile de fabricație prezintă particularități specifice. Acestea sînt determinate de caracteristicile mijloacelor de producție și de sistem logistic folosit. În primul rînd trebuie amintit că la o astfel de celulă se pot folosi mai multe variante de deservire. Cea mai răspîndită, în prezent, este aceea a folosirii muncii umane. Se dezvoltă însă forme de deservire cu roboți, care poate fi numai cu roboți sau o deservire combinată roboți și muncă umană. Ultima variantă este folosită mai ales la efectuarea unor operații din procesul de prelucrare propriu-zis. Este de precizat totuși că și în cazul deservirii numai cu roboți, programul deservirii de către roboți se stabilește de om, deci se folosește forța umană indirect.

Din cele prezentate se constată că o celulă flexibilă de fabricație prezintă largi posibilități de adaptabilitate la aplicarea sistemului polideservirii, folosind în același timp și policalificarea.

Desigur, după caracteristicile pe care le prezintă celula flexibilă de fabricație, aplicabilitatea polideservirii prezintă diferențieri substanțiale de la o celulă la alta. În primul rînd intervine componența tipurilor de mașini-unelte ale celulei. Dacă celula se compune numai din mașini-unelte universale, celula are un grad de flexibilitate redus, problema polideservirii, așa după cum s-a mai arătat, va fi asemănătoare cu cazul general de deservire a unor astfel de mașini-unelte.

Dacă celula se compune însă din mașini-unelte cu comandă numerică, agregate sau centre de prelucrare, celula are un grad de flexibilitate mai mare, problema deservirii este mai complexă. În astfel de situații soluția eficientă va fi aceea a polideservirii de un colectiv format din cadre cu pregătire diferențiată corespunzător cerințelor gradului de tehnicitate a mijloacelor de producție pe care le conține celula flexibilă, inclusiv cadre pentru elaborarea programelor de lucru. O caracteristică deosebită se prezintă dacă celula flexibilă conține centre de prelucrare. După cum se cunoaște, la un centru de prelucrare se efectuează mai multe operații la o singură fixare a piesei. În ansamblu, în aceste cazuri sistemele de transfer sînt construite astfel încît să satisfacă traseele și tactul de lucru. De obicei, se folosesc sisteme cu palete.

Cuprinderea în componența celulei flexibile de fabricație a unor centre de prelucrare pune probleme deosebite din punct de vedere economic. De aceea, îndeosebi în condițiile polideservirii, este necesară analizarea timpilor de staguare a mijloacelor de producție, scoțîndu-se în evidență modul și ponderea influenței asupra costului prelucrării. Pe baza acestor date se va orienta modul de constituire a celulei astfel încît să fie eficientă atît din punct de vedere al productivității, cît și al economicității prelucrării. Tot în acest sens se va ține seama că are importanță și modul cum se întocmesc grupele de piese care urmează a fi prelucrate, operațiile de prelucrare, SDV-urile, sistemele de transport etc. Dacă se interconectează mai multe centre de prelucrare cu mașini-

Scanned with OKEN Scanner

unelte corespunzătoare cerințelor tehnologice, ca succesiune a operațiilor se poate obține o linie de fabricație pentru producția de serie mică și mijlocie, cu un grad de automatizare similar cu cel realizat pînă în prezent numai în fabricație de serie mare.

Desfășurarea activității optime în cadrul unei celule flexibile de fabricație se poate realiza pe baza studiilor efectuate asupra tuturor aspectelor procesului de prelucrare propriu-zis, aspectele privind formarea și dirijarea fluxului de materiale și acela a fluxului informațional.

Folosirea polideservirii la centre de prelucrare încadrate în celele de fabricație flexibile, dotarea acestora cu sisteme de transfer paletizat, pe lîngă asigurarea preciziei de prelucrare, creșterea productivității, se asigură o reducere substanțială a costului de prelucrare.

În figura 8.5 se prezintă structura unei celule de fabricație flexibilă-integrată, pentru prelucrarea unor piese de tip carcasă.

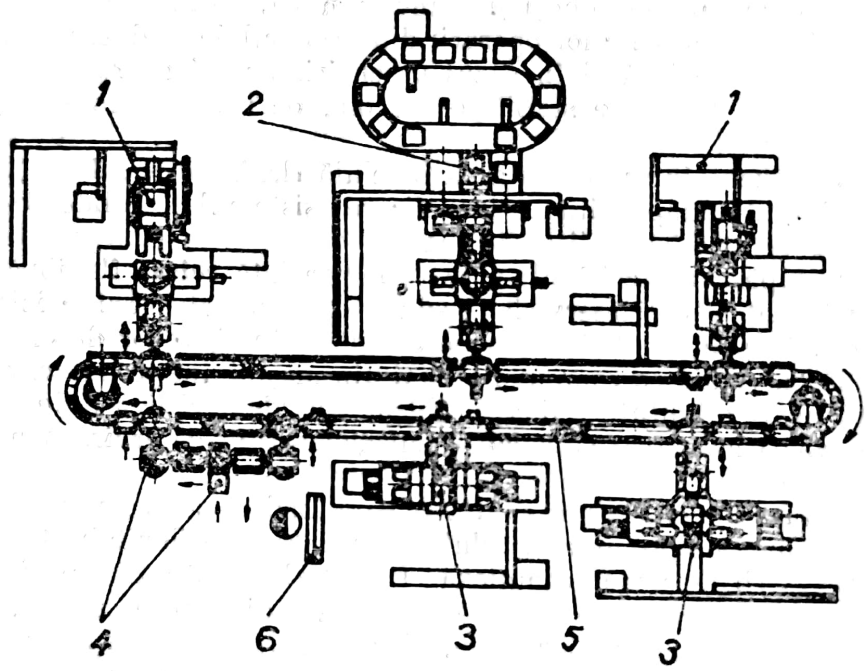


Fig. 8.5. Celulă flexibilă integrată : 1 — Centre de prelucrare ; 2 — Mașini C.N.C. ; multiax ; 3 — Mașină de finisat alezaje ; 4 — Stație de transfer ; 5 — Conveior ; 6 — Tablou de comandă și control.

8.7. PROCESE DE FABRICAȚIE ROBOTIZATE

8.7.1. UNELE ASPECTE PRIVIND TEHNOLOGIILE ROBOTIZATE

Introducerea roboților în procesul de fabricație prezintă o problemă destul de complexă, ținînd seama că, pînă în prezent, se cunosc încă în prea mică măsură, pe de o parte, aspectele caracteristice care trebuie concret stabilite privind pregătirea tehnologică pentru implementare, iar pe de altă parte, condițiile și eficiența în procesul de producție.

Scanned with OKEN Scanner

Din bibliografia de specialitate, din rezultatele obținute de unele întreprinderi se remarcă rezultate deosebite de eficiente atît tehnic cît și economic.

Rezultate semnificative s-au obținut mai ales la unele tipuri de procese tehnologice. Este adevărat că sînt semnalate întreprinderi de un anumit profil, la care procesul de fabricație a fost complet robotizat cu rezultate deosebite. Se cunosc însă mai puțin influențele psiho-sociale.

Ca efecte ale introducerii roboților în procesul de fabricație se constată în deosebi ridicarea calității produselor, precizia de prelucrare, ritm constant de lucru, reducerea duratei de fabricație, productivitate etc.

Considerăm că pentru folosirea în condiții eficiente a sistemelor robotizate, prin implementarea robotului în subsistemul om-mașină, se impune în primul rînd studierea modului și condițiile în care se desfășoară activitățile în cadrul procesului de producție, astfel încît aceste activități să se poată realiza într-o perfectă concordanță între om, echipamentul tehnologic și robot. Se consideră de o deosebită importanță modul de adaptare a robotului la eventualele cerințe de flexibilitate ale procesului de prelucrare. În orice caz se impune cunoașterea posibilităților de adaptare pe care le are robotul atît din punct de vedere constructiv cît și funcțional.

Numai cunoscînd capacitatea și funcțiile pe care le poate îndeplini robotul se pot stabili, în condiții optime, locul și funcția respectiv acțiunile pe care le poate prelua. De fapt, pe măsura perfecționării constructive, a flexibilității funcțiilor se prevăd posibilități de preluerare de către robot a tot mai multe din acțiunile secvențiale ale sistemului tehnologic și îndeosebi din acelea îndeplinite de om. Astfel, pot fi preluate parțial sau total funcțiile de operator, dar se pot completa și anumite funcții ale mașinilor-unelte sau a unor instalații tehnologice.

O formă mai economică de robotizare o prezintă soluțiile adaptate pentru manipularea piesei în vederea fixării, respectiv a defixării din dispozitivul mașinii-unelte. Aceste tipuri de roboți industriali simpli sînt încorporați în sistemul mașinii-unelte sau pot fi atașați mașinii-unelte.

Construcția roboților simpli se caracterizează printr-un număr mai mic de grade de libertate, au avantajul că sînt mult mai ieftini decît roboții industriali cu cinci sau șase grade de libertate.

Din punct de vedere economic, în actualele tendințe de creștere a caracterului de servire față de aceea de masă a produselor, introducerea roboților are ca și consecință creșterea costurilor de fabricație.

Din contradicțiile pe care le prezintă caracterul de serie mică a produselor, datorită creșterii cheltuielilor de fabricație față de valoarea care se obține și îndeosebi a dificultăților privind dezvoltarea mecanizării și automatizării proceselor de prelucrare, apare ca necesară preocuparea pentru creșterea flexibilității complexe a sistemului productiv. Pe de altă parte, condițiile de ritm, de efort fizic, de efort psihic, influențele unor factori de periculozitate, pe care le prezintă unele procese tehnologice, împiedică creșterea ritmului de producție. Aceste motive impun găsirea unor modalități prin care să se elimine aceste inconveniente, inconveniente care împiedică operatorul uman direct implicat în procesul de producție să ducă la îndeplinire sarcinile în cele mai bune condiții. În această idee, în prezent, există preocupări pentru depășirea acestei stări, cercetările în perspectivă fiind acelea de a dezvolta tehnologii robotizate care, cu ca efect, prin preluarea unor funcții, scoaterea parțială sau totală a omului din procesul direct productiv.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru implementarea roboților în procesul de prelucrare sau în general în producție, mai este necesar a se analiza temeinic sarcina de producție din punct de vedere al stabilității operațiilor și al asemănării tehnologice. În acest sens, în cadrul unei întreprinderi, pe baza analizei structurale a produsului, se pot determina grupe de repere cărora să li se poată aplica o tehnologie tip. Apare în acest fel, chiar numai pentru anumite repere, caracterul de producție în serie, desigur între anumite limite de variabilitate, adică să prezinte un anumit grad de flexibilitate.

Dintr-un astfel de studiu complex se poate constata în ce măsură aplicarea unei tehnologii robotizate este eficientă atît din punct de vedere tehnic, tehnologic, cît și economic.

O altă latură care trebuie stabilită în cadrul tehnologiilor de transformare a obiectului muncii este aceea a relațiilor dintre om și mijlocul de transformare. În această analiză se va lua în considerare funcțiile activităților, aptitudinile și alte caracteristici specifice operațiilor de executat.

O atenție importantă se va acorda condițiilor în care se desfășoară munca, aspecte ergonomice-mediu fizic, solicitări fizice, securitatea muncii etc., factorilor psihologici și sociologici. Se vor analiza condițiile în care se desfășoară procesul de transformare, care sînt efectele negative asupra activităților omului. În acest fel se vor stabili măsuri sau condiții pentru eliminarea sau reducerea frecvenței acestora. Se vor stabili, de asemenea, locurile de muncă la care aportul uman, din cauza pericolelor pe care le prezintă procesul muncii, nu poate fi folosit.

Pe baza acestor determinări și a condițiilor concrete ale subsistemului loc de muncă, luînd în considerare factorii tehnico-economici și comparînd soluțiile clasice cu cele robotizate se stabilesc condițiile și oportunitatea introducerii tehnologiilor robotizate.

Se poate remarca faptul că prin organizarea locurilor de transformare în sistem celulă de fabricație se creează posibilități largi de folosire a roboților. Organizarea celulelor de grup, în care volumul manipulărilor în flux a materialelor (pieselor) are un rol important, robotizarea, conduce sigur la realizarea de economii însemnate.

Din cele menționate se reține că pentru introducerea unor tehnologii noi, în general, inclusiv cele robotizate este necesar a se studia temeinic, pe lîngă eficiențele tehnico-economice, condițiile în care se desfășoară activitatea umană.

Ca și în alte cazuri, și în cazul implementării unor tehnologii robotizate, se impune deci studiul efectelor favorabile care se pot obține, fără a neglija însă pe cele nefavorabile. De asemenea, se va ține seama de efortul de investiții suplimentare care urmează să se facă.

Pentru evidențierea eficienței economice se poate folosi metodologia cunoscută și anume, aceea a comparării eficienței a cel puțin două variante posibile de realizat pentru aceleași sarcini de producție. În acest sens se pot folosi diferite metode de analiză comparativă. Una din aceste metode este aceea a diagramei pragului de rentabilitate, fig. 8.6.

Trebuie remarcat că, așa cum am mai menționat, odată cu aplicarea de noi tehnici în procesul tehnologic-mecanizare, automatizare, robotizare — se schimbă tot mai mult raportul dintre om și mijloacele de producție. În aceste

Scanned with OKEN Scanner

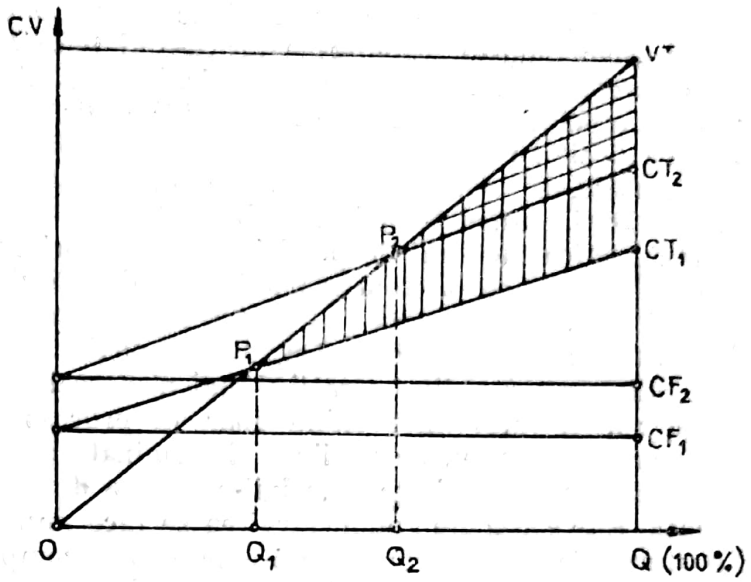


Fig. 8.6. Diagrama pragului de rentabilitate : CV — costuri, venituri ; Q — capacitatea de producție ; CF_1, CF_2, — costuri fixe ; CT_1, CT_2, — costuri totale pentru tehnologiile T_1 T_2 ; PR_1 PR_2 — praguri de rentabilitate ; P_1 CT_1 VT, — eficiența aplicării tehnologiei T_1 ; P_2 CT_2 VT, — eficiența aplicării tehnoligiei T_2.

condiții se cere a fi revăzute vechile concepte de exprimare a participării componentelor sistemului industrial, în mod deosebit prin luarea în considerare a teoriei valorii și a altor concepte și categorii noi economice folosite tot mai mult în teoria și practica economică, factori care exprimă în mod mai real gradul de participare a fiecărei componente.

Este de menționat însă, că sînt cazuri cînd implementarea în procesul de producție a roboților se face pe criterii de umanizare a muncii. Astfel de locuri de muncă sînt acelea la care se cer din partea omului eforturi fizice mari sau se lucrează în medii periculoase și dăunătoare sănătății.

În aceste cazuri, prin robotizare se urmărește reducerea efortului fizic sau scoaterea operatorului uman din mediul respectiv. Uneori însă se poate prefera folosirea roboților mai ales la unele activități simpliste în conținut, operații simple sau în cazul unor activități provocătcare de stress. Desigur, la determinarea eficienței economice pentru astfel de situații, nu se vor lua în considerare cheltuielile directe asupra produsului, ci se va ține seama de aspecte ale modalității de scoatere temporară sau permanentă de la locul de muncă, reducerea cheltuielilor de asistență medicală etc.

Se mai poate aminti că uneori se implementează roboți în procesul de producție cu scopul de a elibera forțe umane, care să fie folosite în alte scopuri creative sau în alte sectoare la care prezența omului este necesară.

Prin implementarea roboților în procesul de producție se poate, deci, reține că se urmăresc următoarele obiective principale :

— creșterea productivității muncii prin automatizarea operațiilor de manipulare ;

— automatizarea operațiilor de prelucrare, de măsură și control ;

— automatizarea operațiilor informaționale ;

— creşterea calităţii produselor şi preciziei de prelucrare, prin automatizarea operaţiilor asigurîndu-se stabilitatea procesului tehnologic ;

— dezvoltarea unor tehnologii în medii periculoase pentru om ;

— umanizarea muncii prin îmbunătăţirea condiţiilor de muncă, reducerea sau eliminarea periculozităţii etc.

Din cele prezentate, se poate naşte întrebarea : cum se pune problema polideservirii în condiţiile unor tehnologii robotizate ?

Desigur, caracteristica modului de participare a omului în cadrul proceselor tehnologice robotizate se diferenţiază substanţial faţă de aceea a polideservirii în cadrul altor sisteme.

În primul rînd trebuie precizat că pot apărea situaţii cînd deservirea este mixtă, om-robot, adică o parte din operaţii şi mai ales acelea de manipulare vor fi efectuate de robot, omul intervenind doar în procesul de prelucrare propriu-zis, caracterul intervenţiilor fiind determinat de caracteristicile postului de transformare, tehnicitatea maşinii-unelte, a dispozitivelor etc.

A doua situaţie este aceea cînd polideservirea se face numai de roboţi în condiţiile cînd posturile de transformare (de prelucrare) se compun din maşini-unelte automatizate cu comandă numerică sau cu microprocesoare etc., atît pentru primul caz, cît şi pentru cel de al doilea, operatorul va avea ca sarcină supravegherea operaţiilor efectuate de roboţi. Această cerinţă are influenţă asupra pregătirii profesionale a operatorului.

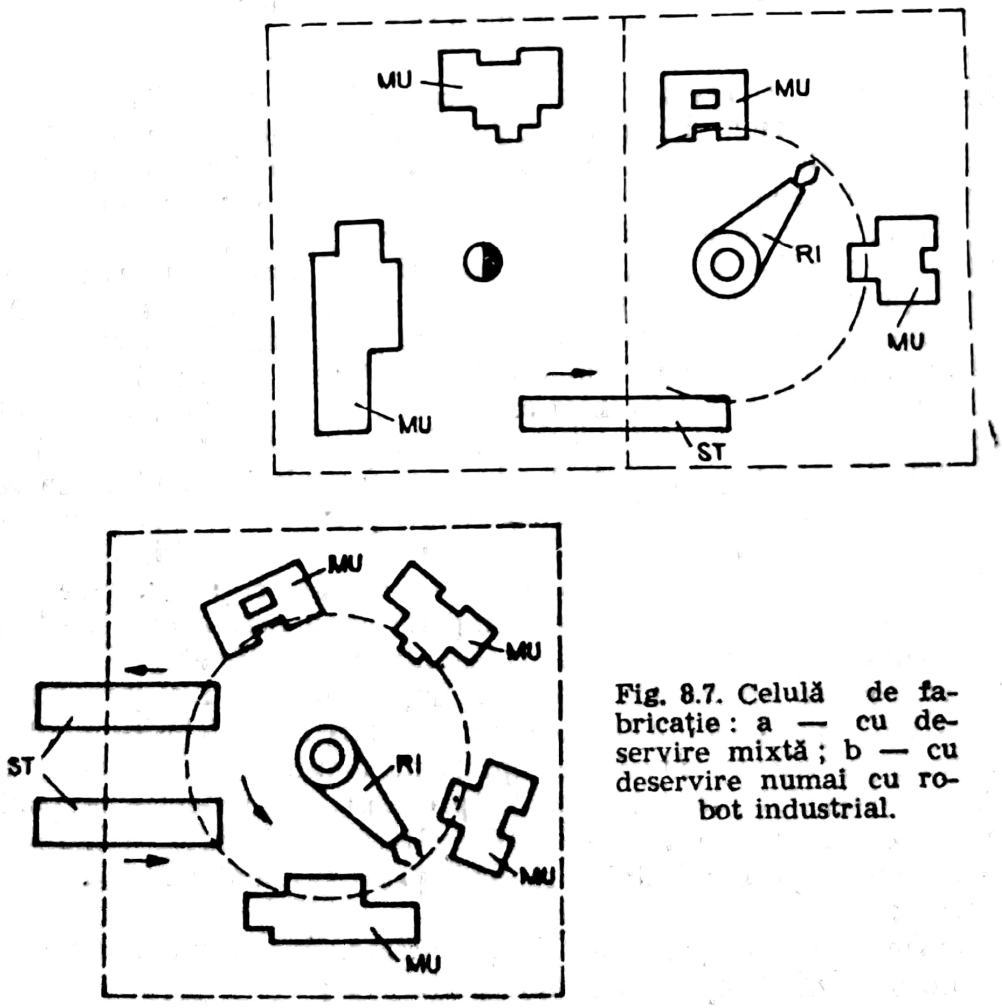


Fig. 8.7. Celulă de fabricaţie : a — cu deservire mixtă ; b — cu deservire numai cu robot industrial.

Pentru postul de transformare, pentru celule de fabricație robotizate sînt necesare pregătiri ale programelor de acționări ce vor fi efectuate de mașinile-unelte și de roboți. Pentru întocmirea acestor programe, se vor folosi cadre cu pregătire corespunzătoare, care să întocmească aceste programe. Polideservirea în condițiile proceselor tehnologice robotizate va fi de fapt efectuată de un colectiv, care va cuprinde cadre policalificate cu pregătire diferențiată, la un nivel superior atît pentru operații directe, cît și pentru programatori. Componența colectivului, ca număr și calificare, se determină în funcție de complexitatea celulei de fabricație sau celulelor de fabricație a sistemelor logistice, polideservirea putîndu-se extinde la una sau la mai multe celule.

În figura 8.7 se prezintă o celulă de fabricație flexibilă cu deservire mixtă. Aceeași celulă poate fi organizată astfel ca să fie deservită numai de robot.

8.7.2. O METODĂ DE ANALIZĂ A CONDIȚIILOR DE APLICARE A POLIDESERVIRII CU ROBOT

În aplicarea tehnologiilor robotizate se pun probleme din punct de vedere al deservirii, similare cu sistemele polideservite de om. Din acest punct de vedere, la folosirea robotului trebuie luate în considerare două situații : aceea a unui post de transformare a cărui ciclu de producție are o durată scurtă (prese, ștanțe etc.), prelucrări la care un robot va putea deservi un singur post, cea de a doua situație fiind aceea cînd ciclul de prelucrare este de o durată mai lungă, situație în care un robot poate deservi mai multe posturi de lucru.

De fapt, din punct de vedere al eficienței folosirii unui robot, în aceste condiții poate fi eficientă numai dacă se deservesc mai multe posturi de lucru.

În cel de al doilea caz se formează o celulă de fabricație flexibilă a cărei deservire va fi determinată de structura timpilor de prelucrare a mașinilor. Practic, pot apărea și situații cînd o astfel de celulă să fie deservită mixt, adică de un operator și de un robot.

Analizată problema din punct de vedere a eficienței tehnico-economice, fie că deservirea se face numai de robot, fie că se face mixt, trebuie să se asigure folosirea capacității maxime a robotului, adică fără timpi de staționare.

În aceste cerințe, se impune analizarea ciclului de lucru al robotului în concordanță cu ciclul de lucru al mașinilor, fie că este vorba de operații de manipulare a semifabricatelor, fie că se efectuează operații de schimb de scule sau și una și alta.

Metodă accesibilă, prin care se poate analiza modul de folosire a robotului, este o metodă asemănătoare cu aceea prezentată la analiza polideservirii (cap. 4).

În scopul analizei condițiilor polideservirii de către robot, se consideră, din situațiile care pot să apară practic, cerința de deservire ciclică a mai multor mașini-unelte, stabilindu-se o anumită succesiune sau anumite condiții de prioritate. Prioritățile pot fi constante sau variabile în timp, ținînd seama de timpul de așteptare.

Parametrii de lucru care vor fi luați în considerare la această analiză vor fi : timpul de deservire (t_s) timpul de lucru al mașinii (t_l) și timpul de așteptare (t_a).

Variabilele de stare ale sistemului pot fi : $r_1 s_1 \ldots s_n$ adică $n+1$ variabile de stare și reprezintă starea robotului ; pot avea valori 0, 1, 2, ..., n. Pentru

$r=0$ robotul așteaptă, ceea ce înseamnă că toate mașinile lucrează. Situația $r=i$ $(1 \leq i \leq n)$ arată că robotul deservește o mașină. Variabila s arată starea mașinilor ; acestea pot avea trei situații : lucrează, așteaptă să fie deservită, este deservită.

Dacă se notează timpul de deservire t_{di}, considerînd timpul în care robotul efectuează deservirea t_{fi}, notînd timpul de așteptare al robotului în procesul de deservire cu t_{ari} atunci se poate scrie

$$t_{di}=t_{ei}+t_{ari}. \tag{8.1}$$

Durata ciclului de deservire va fi

$$T_{il}^{c}=\sum_{i=1}^{n} t_{di}. \tag{8.2}$$

Se poate observa că pentru a nu avea timpi de așteptare a robotului trebuie ca relația

$$t_{ari}=\max_{1\leqslant i\leqslant n}\left[0\,;\left(t_{fj}-\sum_{\substack{i=1\\ j=i}}^{n} t_{di}\right)\right], \tag{8.3}$$

să fie negativă.

Prin înlocuirea lui t_{ari} în relația (8.1) se obține un sistem de ecuații neliniare de forma

$$t_{ari}=\max_{1\leqslant i\leqslant n}\left[0,\left(t_{fi}-\sum_{\substack{i=1\\ j=i}}^{n} te_j-\sum_{\substack{i=1\\ j=i}}^{n} t_{ari}\right)\right]. \tag{8.4}$$

În procesul de prelucrare, luînd în considerare structura timpilor pot apărea două situații :

Se consideră situație cînd

$$t_{fi}\leq\sum_{\substack{i=1\\ j=i}}^{n} te_j. \tag{8.5}$$

Aceasta înseamnă că timpii de lucru luați individual sînt mai mici sau egali cu suma timpilor de deservire. Dacă se introduce relația (8.5) în relația (8.4) se va obține pentru toate cazurile $t_{di}=0$ $(i=1, \ldots, n)$, ceea ce înseamnă că robotul este ocupat tot timpul (100%), ca de altfel și în situații cînd

$$t_{fi}+t_{ei}\leq\sum_{j=1}^{n} t_{ej}, \tag{8.6}$$

adică ciclul de deservire și funcționare este mai mic ca suma timpilor de deservire. În aceste condiții ciclul de lucru se obține cu relația

$$T^{c}=\sum_{j=1}^{n} t_{ej}. \tag{8.7}$$

Pentru a cunoaşte în ce măsură se folosesc capacităţile de prelucrare a maşinilor-unelte, în mod obişnuit se determină coeficientul de utilizare al maşinilor. Pentru calcul se foloseşte relaţia

$$\eta_i = \frac{t_{fi}}{T^e}. \tag{8.8}$$

Pentru cazul considerat, coeficientul de utilizare a maşinii va fi

$$\eta_i = \frac{t_{fi}}{\sum_{j=1}^{n} t_{ej}}. \tag{8.9}$$

În aceeaşi idee se poate face calculul coeficientului de staţionare a unei maşini oarecare i folosind relaţia

$$\beta_i = \frac{T^e - t_e}{T^e} = 1 - \frac{t_{ei} + t_{fi}}{\sum_{j=1}^{n} t_{ej}}. \tag{8.10}$$

Din analiza relaţiilor, pentru cazul considerat, (8.5) şi (8.6) reiese că se realizează un timp de aşteptare zero atunci cînd inegalităţile celor două relaţii devin egalităţi.

Analizînd cea de a doua situaţie care se poate întîlni, adică, dacă

$$t_{fi} > \sum_{\substack{1 \\ i \neq 1 \\ j \neq i}}^{n} te_j, \tag{8.11}$$

respectiv

$$t_{fi} + t_{gi} > \sum_{1}^{n} te_j, \tag{8.12}$$

ceea ce înseamnă că cel puţin un timp de funcţionare este mai mare decît suma timpilor de deservire, atunci va apărea un timp de staţionare pentru robot. Aceasta se poate exprima sub forma

$$t_{sr} = \max_{1 \leqslant i \leqslant n} \left(t_{fi} - \sum_{\substack{i \neq 1 \\ j \neq i}} t_{ej} \right), \tag{8.13}$$

în care: t_{sr} este timpul de staţionare a robotului.

Valoarea maximă se obţine prin substituire lui i cu i_0.

Dacă se obţin valori maxime pentru t_{sr}, la mai multe maşini se va lua în considerare aceea care are valoare mai mică.

Considerînd relaţia (8.4), aceasta va avea valori $t_{ar} = t_{sr}$ pentru $i = i_0$ şi $t_{sr} = 0$ pentru $i \neq i_0$.

Dacă se referă la cazul al doilea, adică avînd timp de staţionare, relaţiile (8.11, 8.12), ciclul va fi egal cu suma timpilor de deservire la care se va adăuga şi timpul de staţionare t_{sr}, deci

$$T^e = \sum_{i=1}^{n} t_{ei} + t_{sr}. \tag{8.14}$$

sau sub altă formă relația se poate scrie

$$T^c = \max_{1 \leqslant i \leqslant n} (t_{ei} + t_{fi}). \tag{8.15}$$

Deoarece interesează în mod deosebit modul de utilizare a robotului, se poate exprima coeficientul de folosire activă.

Pentru a cunoaște modul de utilizare activă a robotului se determină coeficientul de așteptare cu relația

$$\rho = \frac{\max\limits_{1 \leqslant i \leqslant n} \left(t_{fi} - \sum\limits_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} t_{ej} \right)}{\max\limits_{1 \leqslant i \leqslant n} (t_{ei} + t_{fi})}. \tag{8.16}$$

În cadrul celulei de prelucrare prezintă interes și cum sînt folosite fiecare mașină componentă. În acest sens se determină coeficientul de utilizare al unei mașini i folosind relația

$$\eta_i = \frac{t_{fi}}{\max\limits_{1 \leqslant i \leqslant n} (t_{ei} + t_{fi})}. \tag{8.17}$$

În același fel se poate determina și coeficientul de staționare al mașinii i, utilizînd relația

$$\beta_i = 1 - \frac{t_{ei} + t_{fi}}{\max\limits_{1 \leqslant i \leqslant n} (t_{ei} + t_{fi})}. \tag{8.18}$$

Un caz particular îl prezintă situația cînd procesul de prelucrare la toate mașinile prezintă aceeași caracteristică, adică timpul de prelucrare ca și timpul de deservire este același pentru toate mașinile din grup (celulă), ceea ce înseamnă că avem situația

$$t_{f1} = t_{f2} = \ldots = t_{fn}\ ;\ t_{e1} = t_{e2} = \ldots = t_{en}.$$

Dacă se consideră situația că

$$t_f \leqslant (n-1)\, t_e, \tag{8.19}$$

se va obține pentru calculul coeficientului de utilizare al robotului relația

$$K_x = \frac{1}{n-1}, \tag{8.20}$$

iar ciclul de lucru va fi

$$T^c = n \cdot t_e. \tag{8.21}$$

Pentru această situație se constată că robotul este folosit din plin.

Calculul coeficientului de utilizare al mașinilor în acest caz se obține cu relația

$$\eta = \frac{t_f}{n \cdot t_e} = \frac{1}{n \cdot K_x}, \tag{8.22}$$

respectiv coeficientul de așteptare cu relația

$$\beta = 1 - \frac{t_e + t_f}{n t_e} = 1 - \frac{1}{n} - \frac{1}{n K_x}. \tag{8.23}$$

Scanned with OKEN Scanner

În condițiile cînd timpul de mașină este mai mare, adică $t_f > (n-1)\,t_e$, coeficientul de utilizare al robotului va fi

$$K_x < \frac{1}{n-1}. \tag{8.24}$$

Ciclul de lucru va fi

$$T^c = t_f + t_e. \tag{8.25}$$

În aceste condiții se constată că robotul este utilizat numai parțial în cadrul ciclului de lucru.

Valoarea coeficientului de utilizare se determină cu relația

$$\rho = 1 - \frac{n \cdot t_e}{t_e + t_f} = 1 - \frac{nK_x}{1+K_x}. \tag{8.26}$$

În ceea ce privește coeficientul de utilizare al mașinilor aceasta se va calcula cu relația

$$\eta = \frac{t_f}{t_f + t_e} = \frac{1}{1+K_x}. \tag{8.27}$$

Din practică se cunoaște că sînt multiple situații la care structura timpului este diferită, ceea ce prezintă unele dificultăți în analizarea condițiilor în cară se poate realiza deservirea. Pentru a se rezolva problema, ținînd seama ce sînt totuși situații deterministe, se poate opera cu valori medii, atît pentru coeficienții de așteptare a robotului, cît și aceea de utilizare a mașinilor. Pentru aceasta se pot exprima coeficienții medii prin relațiile

$$\bar{\eta} = \frac{1}{n} \sum \eta_i, \tag{8.28}$$

$$\bar{\beta} = \frac{1}{n} \sum \beta_i. \tag{8.29}$$

În același mod se va determina și timpul mediu de prelucrare și de deservire

$$\bar{t}_f = \frac{1}{n} \sum t_{fi}, \tag{8.30}$$

$$\bar{t}_e = \frac{1}{n} \sum t_{ei}. \tag{8.31}$$

În aceste condiții coeficientul de utilizare a robotului va fi

$$\bar{K}_x = \frac{\bar{t}_e}{\bar{t}_f}. \tag{8.32}$$

Pentru determinarea coeficientului de utilizare a mașinilor și a timpului de staționare considerînd cazul tratat cu relațiile (8.42) și (8.43), admițînd condiții modulare, acestea vor deveni

$$\bar{\eta} = 1 - \frac{1}{n} - \frac{1}{n\bar{K}_e}, \tag{8.33}$$

respectiv

$$\bar{\beta}=\frac{1}{n\bar{K}_s}. \tag{8.34}$$

În condițiile considerate pentru ciclul de producție $T^c=t_e+t_f$, timpi de staționare ai robotului vor fi calculați cu relația (8.13).

Coeficientul de utilizare mediu al mașinilor se obține din relația

$$\bar{\eta}=\frac{}{\max\limits_{1\leqslant i\leqslant n}\left(\frac{t_{ei}+t_{fi}}{\bar{t}_f}\right)}, \tag{8.35}$$

iar coeficientul de așteptare mediu din

$$\bar{\beta}=1-\frac{1+\bar{K}_s}{\max\limits_{1\leqslant i\leqslant n}\left(\frac{t_e+t_f}{\bar{t}_f}\right)}. \tag{8.36}$$

În analiza condițiilor polideservirii cu robot industrial a posturilor de lucru s-a menționat că pentru cazurile cînd structura timpului de deservire este de natură nedeterminată, aleatoare se poate folosi, în anumite limite, relațiile folosite pentru cazurile deterministe, cu condiția de a se folosi valori medii.

Ținînd seama de simplicitatea relațiilor, deci de posibilitățile mai ușoare de analizat se poate pune problema în ce măsură rezultatele obținute sînt diferențiate față de acelea obținute prin metode stochastice, metode recomandate a se folosi în astfel de cazuri.

În procesul polideservirii, conform teoriei probabilistice se poate accepta, în anumite limite, că timpul de deservire și de prelucrare prezintă valori aleatoare după o distribuție exponențială.

Dacă se admite probabilitatea pentru timpul de deservire

$$P\{t_e<1\begin{cases}0 & \text{dacă } t\leqslant 0\\ 1-e^{-\mu t} & \text{dacă } t\geqslant 0,\end{cases} \tag{8.37}$$

ceea ce dă pentru $\bar{t}_e=\frac{1}{\mu}$,

iar pentru timpul de prelucrare

$$P\{t_f\leqslant 1\begin{cases}0 & \text{dacă } t\leqslant 0\\ 1-e^{-\lambda t} & \text{dacă } t\geqslant 0,\end{cases} \tag{8.38}$$

adică : $\bar{t}_f=\frac{1}{\lambda}$.

În aceste condiții coeficientul de utilizare mediu va fi

$$\bar{K}_x=\frac{t_e}{\bar{t}_f}=\frac{\lambda}{\mu}. \tag{8.39}$$

Punînd condiții de limită pentru probabilitate

$$P_0=\lim_{t\to\infty}P(t),$$

se poate demonstra că acestea sînt independente de condițiile inițiale.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se consideră seria

$$F(n\ \bar{K}_x)=1+n\bar{K}_x+n(n-1)\bar{K}_x^2+\ldots+n!\ \bar{K}_x^n,$$

atunci

$$P_0=\frac{1}{F(nK_x)},$$

ceea ce exprimă probabilitatea că toate mașinile funcționează.

Timpul mediu de funcționare va fi

$$\bar{\eta}=\frac{1}{n\bar{K}_x}(1-P_0).$$

Timpul de staționare

$$\bar{\beta}=1-\frac{1-\bar{K}_x}{n\bar{K}_x}(1-P_0).$$

În această privință se poate aminti că admițînd un proces Markov, Lehmann [48] a demonstrat că distribuția timpului de deservire nu are efect apreciabil asupra rezultatelor modelului stochastic. În figura 8.8 se prezintă comparația între coeficientul de utilizare calculat prin model stochastic și exemplul determinant. Compararea se face pentru cazul deservirii a 5 mașini.

Se poate remarca că, pentru cazul cînd structura timpului satisface relația (8.5), atunci diferența între cele două metode, determinant și eleatoriu este nesemnificativă.

Pentru cazul 2 (relațiile (8.11, 8.12)), adică atunci cînd robotul este folosit parțial, apar diferențe mai mari, mai ales pentru deservirea unui număr mic de mașini.

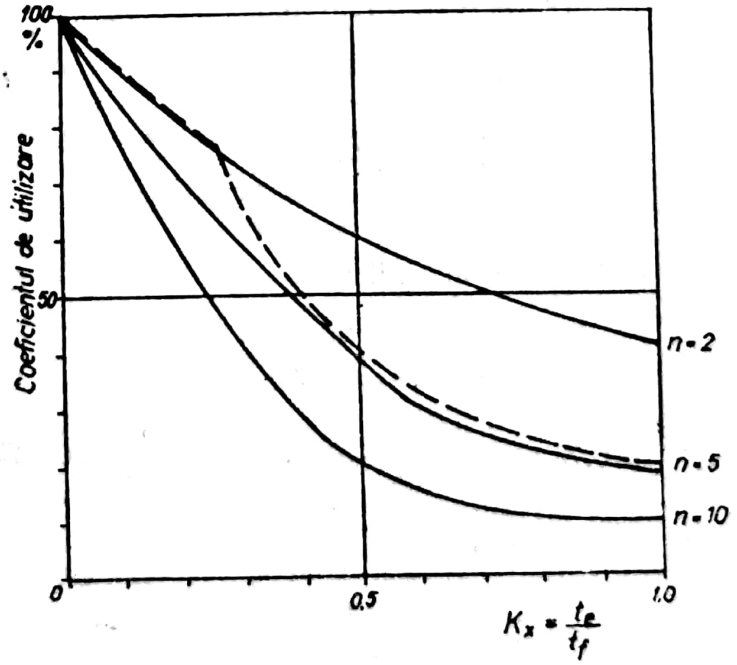


Fig. 8.8. Comparație între coeficientul de utilizare calculat prin model stochastic și cel determinist pentru cazul a 5 mașini deservite.

Scanned with OKEN Scanner

Se poate deci aprecia că rezultatele obținute prin metoda prezentată pot satisface cerințele unei analize a condițiilor de deservire a robotului, desigur în anumite limite, în mod deosebit atunci cînd celula de fabricație conține un număr de cel puțin 4—5 mașini.

Pentru exemplificarea aplicării, în anumite condiții concrete a relațiilor prezentate, se consideră următoarele exemple:

a. Se admite structura timpilor cu valorile prezentate în tabelul 8.1.

Tabelul 8.1

Structura timpilor de lucru pentru exemplul a

t_e	t_f	T^c
1,5	4,5	6,0
1,0	5,0	6,0
2,0	3,5	5,5

Din examinarea valorilor se constată că problema se încadrează în condiția:

$$t_{fi} > \sum_{j \neq i}^{n} t_{ej} \text{ (relația 8.31).}$$

Determinarea timpului de staționare a robotului:

$$t_{sr} = \max_{1 \leqslant i \leqslant n} (t_{fi} - t_{ej}) = 5{,}5 - 3{,}3 = 2{,}0 \text{ min.}$$

Calculul ciclului de lucru:

$$T^c = max\ (t_{fi} + t_{ej}) = 6{,}0.$$

Coeficientul de utilizare a robotului:

$$\rho = \frac{max\left(t_{fi} - \sum_{1}^{n} t_{ej}\right)}{(t_{fi} + t_{ej})} = \frac{2{,}0}{6{,}0} = 0{,}33.$$

Coeficientul de utilizare a mașinilor:

$$\eta_i = \frac{t_{fi}}{max\,(t_{fi} + t_{ej})};$$

$$\eta_1 = \frac{4{,}5}{6} = 0{,}75; \quad \eta_2 = \frac{5{,}0}{6} = 0{,}833; \quad \eta_3 = \frac{3{,}5}{6} = 0{,}585.$$

Coeficientul de așteptare a robotului:

$$\beta_i = 1 - \frac{t_{f1} + t_{e1}}{max\,(t_{ei} - t_{fi})};$$

$$\beta_1 = 1 - \frac{6}{6} = 0, \quad \beta_2 = 1 - \frac{6}{6} = 0, \quad \beta_3 = 1 - \frac{5{,}5}{6} = 0{,}08,$$

Scanned with OKEN Scanner

b. Se admite structura timpilor prezentată în tabelul 8.2.

Tabelul 8.2

Structura timpilor de lucru pentru exemplul b

t_e	t_f	T^c
3,0	7,5	10,5
3,0	7,5	10,5
3,0	7,5	10,5

În prima analiză se constată că problema se încadrează în condiţia :

$$t_{fi} > \sum_{j \neq i}^{n} t_{ej}.$$

Din calculul parametrilor de lucru se obţine :

Ciclul de lucru : $T^c = t_e + t_f = 10,5$ min.

Coeficientul de utilizare a maşinilor :

$$\eta = \frac{t_f}{t_e + t_f} = \frac{7,5}{10,5} = 0,715.$$

Coeficientul de utilizare a robotului :

$$\rho = 1 - \frac{n \cdot t_e}{t_e + t_f} = 1 - \frac{3,3}{10,5} = 0,145.$$

Timpul de aşteptare a robotului va fi deci : $T^c \cdot \rho = 1,5$ min. Pentru folosirea mai eficientă a robotului se analizează situaţia în condiţiile de deservire a 4 maşini, avînd caracteristicile timpilor aceleaşi.

Se observă că în acest caz problema se încadrează în condiţiile $t_{fi} < (n-1) \cdot t_e$, adică $[7,5 < (4-1) \cdot 3]$.

Ciclul de lucru : $T^c = n \cdot t_e = 4 \cdot 3 = 12$.

Coeficientul de utilizare al maşinilor :

$$\eta_{1-4} = \frac{7,5}{12} = 0,625.$$

Coeficientul de aşteptare al maşinilor :

$$\beta_{1-4} = 1 - \frac{10,5}{4 \cdot 3} = 0,125.$$

Timpul de aşteptare al maşinilor va fi : $T^c \cdot \beta = 1,5$ min.

Din calculul coeficientului de utilizare a robotului se obţine o valoare negativă, ceea ce înseamnă că robotul este folosit 100%. În astfel de situaţii se va analiza care din variantele analizate este cea mai favorabilă, ţinînd seama de condiţiile tehnico-economice concrete din cadrul întreprinderii.

Scanned with OKEN Scanner

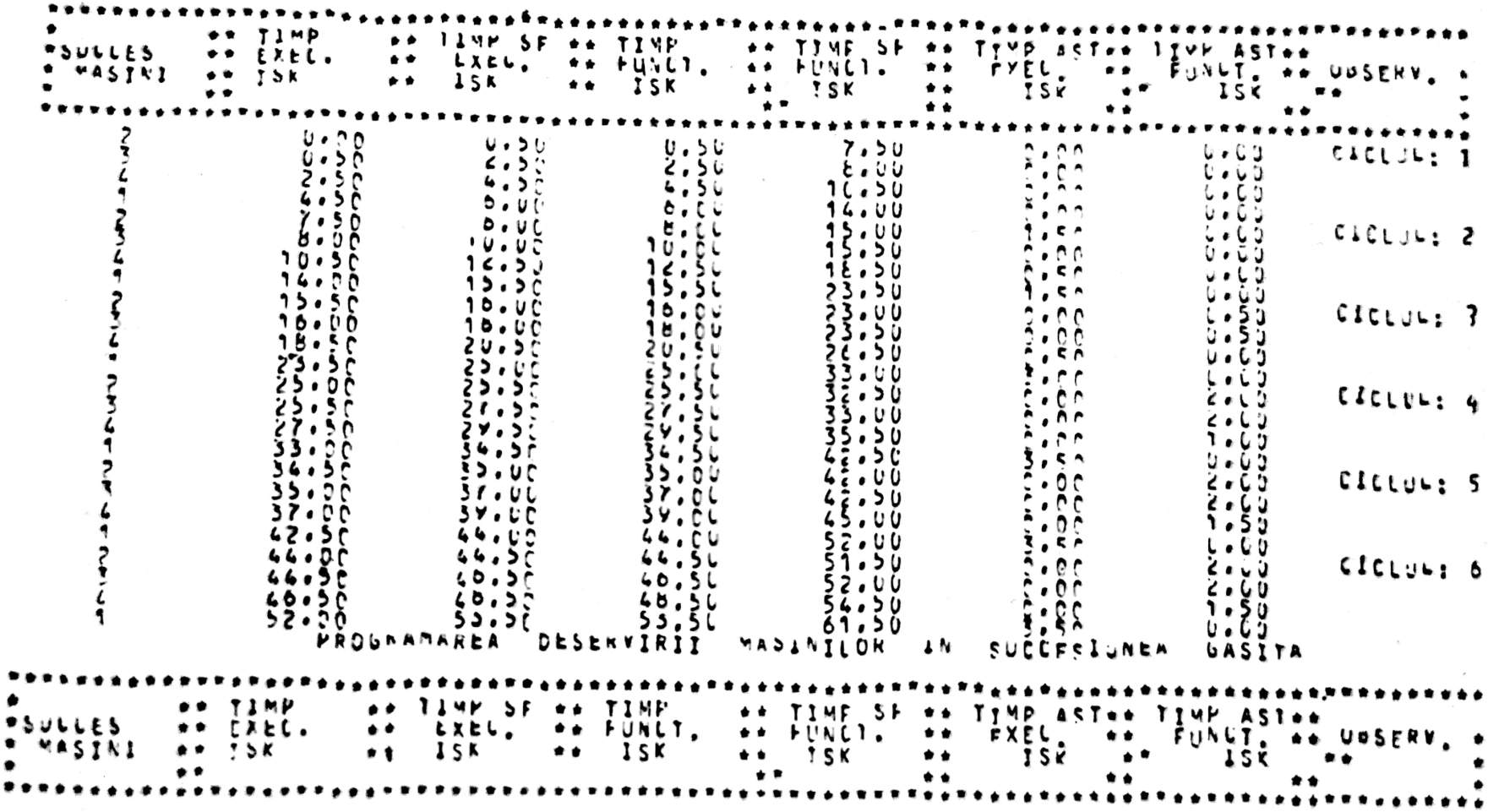
BIBLIOGRAFIE

1. Nicolae Ceauşescu. *Raport la cel de-al XIII Congres al Partidului Comunist Român*, Bucureşti ; Editura Politică, 1984.
2. * * * Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1986—1990 şi orientarea de perspectivă pînă în 2000. Bucureşti, Ed. Politică, 1984.
3. * * * *Mutaţii contemporane în ştiinţă şi tehnică şi implicaţiile lor.* Bucureşti, Ed. Politică, 1977.
4. R.L. Ackoff, M. Sasieni. *Bazele cercetării operaţionale.* Bucureşti, Ed. Tehnică, 1975.
5. I.B. Barnal. *Ştiinţa în istoria societăţii.* Bucureşti, Ed. Politică, 1964.
6. A.J. Barker. *Tehnologia de grup şi gruparea pe celule a maşinilor la producţia în loturi mici a supapelor.* Machinery and Production Engenering, Anglia, Nr. 2982, 1970.
7. Şt. Bârlea. *Iniţierea în cibernetica sistemelor industriale.* Bucureşti, Ed. Tehnică, 1975.
8. R.E. Bellman, E. Dreyfus. *Programarea dinamică aplicată.* Bucureşti Ed. Tehnică, 1967.
9. I. Bogatiu. *Metodologia de normare a muncii la deservirea mai multor maşini pe care se execută aceeaşi operaţie.* Probleme de organizarea muncii de salarizare, nr. 4/1963.
10. G. Boldur-Lăţescu, I. Săcuiu, E. Ţigănescu. *Cercetarea operaţională cu aplicaţii în economie.* Bucureşti, Ed. Didactică şi Pedagogică, 1979.
11. V.V. Bulinov. *Ekonomicescoe stimulirovanie naucinotehniceskgo progressa na stankozavodoh.* Stanki i instrument, nr. 7/1975.
12. H. Bumeister. *Maschinenreihen in der Kleinserienfertigung.* Werkstadt und Betrieb, 101/1968.
13. G. Cojocaru. *O abordare sistemică a proiectării proceselor de fabricaţie flexibile asistate de roboţi industriali.* A III-a Conferinţă de procese şi utilaje de prelucrare la rece, Timişcaia, 1978.
14. G. Cojocaru. *O conceptualizare a sistemului întreprinderii industriale orientate spre robotizare complexă a fabricaţiei.* Al III-lea Simpozion de ingineria a sistemelor şi cibernetică industrială, Bucureşti, 1980.
15. Tr. Cocârlă, Gr. Pocinog. *Metode şi tehnici moderne folosite în conducerea şi organizarea întreprinderilor.* Timişcaia, Ed. Facla, 1983.
16. I. Crişan. *Tehnologia ca sistem.* Bucureşti, Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1980.
17. G.B. Dantzig, P. Wolfe. *Linear Programming in Model Chain.* The Rand Corporation, Santa Monica, 1961.
18. W. Dams. *Mehrmaschinenbedienung in Maschinenbaubetrieben.* VEB Verlag Technik, Berlin, 1958.
19. R. Dorfman ş.a. *Linear Programming and Economic Analysis.* New York-Toronto-London, 1958.
20. M. Diţescu. *A doua revoluţie industrială şi clasa muncitoare.* Era Socialistă, nr. 6, 7/1979.
21. Elmaghaly. *Proiectarea sistemelor de producţie.* Bucureşti, Ed. Tehnică, 1968.
22. P. Ehrlich. *Ermittlung der unterschiedlichen Anforderungen bei Mehr und Einzelbedienung von Fräsmaschinen.* Fiektikumsbericht des Institut für Psybologie der T.U., Dresden, 1962.
23. A. Fiera. *Succesiunea optimă a sarcinilor de muncă.* Sozialistische Arbeitswissenschaft, 14, nr. 3/1970.
24. N. Potter. *The Assignment of Operators to Service Automatic Machines.* The Journal of Industrial Engeering, 5/1975.

Scanned with OKEN Scanner

88. H. Schiller. *Wirtschaftlicher Anwende der Mehrmaschinenbedienung in der Serienfertigung.* Ferigungstechnik und Betrieb, nr. 2/1969.
89. H. Schiller. *Das planen und Festlegen der Mehrmaschinenbedingung in der Serienfertigung.* Fertigungstechnik und Betrieb, nr. 3/1969.
90. H. Schiller. *Folosirea eficientă a deservirii mai multor maşini.* Fertigungstechnik und Betriebe R.D.G., 20.2.1970.
91. H. Schmidtke. *Zur Frage des Pausenregims bei Mehrstellenarbeit mit unregelmäsigen Ablauf.* Arbeits und Betriebskundliche Reihe 3 „Mehrstellenarbeit" Köln Bund Verlag 1965.
92. K. Schneider. *Untersuchung der Wege und Hauptlätkeiten einiger Arbeiter mit Verschiedener Arbeitsorgantsation bei Mehrstellenarbeit.* Praktikumsbereich des Instituts für Psihologie, T.U. Dresden, 1969.
93. P. Slivin. *Conducerea automată a producţiei în uzina „PRESER„ din Moscova.* Effekt, R.D.G. 6, 1970.
94. S. Smirnov, V. Dumitrescu. *Ergonomia, factor al organizării ştiinţifice a muncii.* Probleme de organizare a muncii şi şcolarizării, nr. 2—3/1967.
95. A. Span. *Organizarea ritmică a deservirii mai multor maşini în construcţia de maşini.* Soţialisticeskii trud, nr. 1/1967.
96. I. Storch ş.a. *Mehrmaschienenbedingung.* Verlag die Wirtschaft, Berlin, 1966.
97. J. Straka. *Sistemele de conducere integrate folosite de întreprinderile constructoare de maşini.* Podnicov organizace, R.S.C., 24.12.1970.
98. S.T.A.S. 11272/1,2-79. *Analiza valorii. Noţiuni generale.*
99. * * * * *Studiul muncii. Studiul metodelor.* Bucureşti, Ed. Tehnică, 1971.
100. * * * * *Studiul muncii. Măsurarea muncii.* Bucureşti, Ed. Tehnică, 1971.
101. * * * * *Studiul muncii. Probleme generale.* Bucureşti, Ed. Tehnică, 1971.
102. Gh. Tache, Gh. Savii, E. Bayer. *Bazele teoretice ale organizării muncii de deservire a mai multor maşini şi a cumulării de noi profesii.* Al II-lea Simpozion de organizare ştiinţifică a producţiei, Timişoara, 1969.
103. Gh. Tache. *Contribuţii la studiul aplicării metodei de deservire a mai multor maşini.* Teză de doctorat, Institutul Politehnic „Traian Vuia", Timişoara, 1979.
104. Gh. Tache, Gh. Savii, Al. Popovici. *Ordonanţarea polideservirii cu algoritmul lui Jonson.* Probleme ale organizării şi conducerii ştiinţifice a producţiei şi a muncii, Timişoara, 1982.
105. A. Tacu, C. Tacu. *Zone de deservire a utilajelor, aplicaţii ale liniilor de aşteptare în ţesătorii.* Bucureşti, Institutul de cercetări economice al R.S.R., 1967.
106. L. Takacs. *Cercetări asupra timpului de aşteptare în procese Markov.* Acta Matematica, Academiae Scientae Hungaria, Vol. VI, 1955.
107. V. Thurman. *Die Betriebswirtschaftliche Bedeutung der Mehrstellenarbeit an Gruppere automatischer Maschienen.* Automatik, 1960.
108. E. Wedekind. *Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Arbeitsplatzgröse bei Mehrstellen-arbeit in Weberei.* Westdeutscher Verlag, Köln und Aplauden, 1955.
109. E. Wedekind. *Der Einfluxe der Automatisierung auf die Struktur der Maschinen und Arbeitzeiten am mehrstellingen Arbeitsplatz in der Textilindustrie.* Westdeutscher Verlag, Köln und Aplauden, 1955.
110. E. Wedekind. *Mehrstellennenarbeit und Entlohnung.* Der Arbeit, nr. 1/1961.
111. A. Weinberger. *Organizarea ştiinţifică a muncii şi cumularea de profesii.* Socialisticeski trud, nr. 10/1964.
112. W. Werner. *Calculul încărcării optime a mijloacelor de lucru ale unui sistem în bandă.* L.S Lm., 12/1969, 1/1970.
113. K. Wilbrecht, W.N. Prescott. *The Influence of Setup Time on Job Shop Performance.* Management Science, 4/1969.
114. A. Winckel. *Mehrstellenarbeit.* Carl Hauser Verlag, München, 1963.
115. A. Winckel. *Grundsätze und Grundlagen für die Gestaltung und Entlohnung der Mehrstellenarbeit.* Leistung und Lohn, 4/1964.
116. C. Zengemeister. *Nutz Wersanalyse in der Systemtechnik München.* Wittmannische Buchhandlung, 1970.
117. C. Zengemeister. *Tehnica sistemelor, o metodă de organizare adecvată a sistemelor complexe.* Buletin de informare a cadrelor de conducere, 12/1970.
118. M. Zdunkiewcz. *Organizacja pracj na stanowakach wieloagregatoeych.* Ekonomika I Organizacya Prcy, nr. 1/1970.

Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner

CALCUL: 2

CALCUL: 3

CALCUL: 4

CALCUL: 5

CALCUL: 6

0000 EAU1 AN = E411 PH = 0000 DATE = 02/00/17

M.DEB = 090 *LM 015 M.FIN = 04H M S FELIX = 00000517

LGP = 0000 MEM = 0021 LD = 0025DC IN = OUT = 0000

RD = 01 PK = 01

SUCCESIUNEA	COD MASINA	PORNIT INITIAL	TERMINAT DESERVIRE	TERMINARE FUNCTIONARE	TIMPII ASTEPTARE EXECUT.	TIMPII ASTEPTARE MASINA
PANEL:0001						
1	1	0.00	1.50	2.50	.00	.00
2	2	0.00	1.50	7.50	.00	.00
3	3	1.50	3.50	10.50	.00	.00
PANEL:0002						
4	2	3.50	4.00	9.00	.00	1.00
5	1	5.00	5.50	8.50	2.00	.00
7	2	7.50	9.50	14.50	1.00	.00
6	3	8.50	11.50	11.00	.00	.00
		10.50	12.50	13.50	1.50	.00
PANEL:0003						
9	2	12.00	13.00	15.00	.00	1.50
10	1	13.50	15.50	21.00	1.50	.00
11	2	15.50	16.00	18.00	.00	.50
12	2	15.00	18.50	22.00	2.00	.00
13	3	17.00	21.50	28.00	1.00	.00
PANEL:0004						
14	2	21.50	22.00	24.00	.00	1.00
15	1	22.00	23.00	24.00	.00	.50
16	2	24.00	24.50	29.00	1.00	.00
17	2	26.50	27.00	29.00	2.00	.00
18	3	28.50	30.50	37.50	1.50	.00

Scanned with OKEN Scanner

PANEL:00003

*	19	* 2 *	30.00*	31.00*	33.00 *	.00*	1.50*
*	20	* 1 *	31.00*	32.00*	33.00 *	.00*	2.00*
*	21	* 2 *	33.00*	33.50*	35.50 *	1.00*	.00*
*	22	* 2 *	35.00*	36.00*	38.00 *	2.00*	.00*
*	23	* 3 *	37.50*	39.50*	46.50 *	1.50*	.00*

PANEL:00004

*	24	* 2 *	39.50*	40.00*	42.00 *	.00*	1.50*
*	25	* 1 *	40.00*	41.00*	47.00 *	.00*	2.00*
*	26	* 2 *	42.00*	43.50*	44.50 *	1.00*	.00*
*	27	* 2 *	44.50*	45.00*	47.00 *	2.00*	.00*
*	28	* 3 *	46.50*	48.50*	55.50 *	1.50*	.00*

SOLICITUDILE DE DESERVIRE LSII:
MASINA 02:
MASINA 01:
MASINA 02:
MASINA 02:
MASINA 03:

TIMPII DE ASTEPTARE A EXECUTANTULUI SINT: 00000004.50
TIMPII DE ASTEPTARE A MASINILOR SINT: 00000003.50

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 3

Valorile lui χ^2

Numărul gradelor de libertate (N_{gl})	$\varepsilon=0,05$	$\varepsilon=0,01$	$\varepsilon=0,001$	Numărul gradelor de libertate (N_{gl})	$\varepsilon=0,05$	$\varepsilon=0,01$	$\varepsilon=0,001$
1	3,84	6,63	10,80	26	38,90	45,60	54,10
2	5,99	9,21	13,80	27	40,10	47,00	55,50
3	7,81	11,30	16,30	28	41.30	48,30	56,90
4	9,49	13,30	18,50	29	42,60	49,60	58,30
5	11,10	15,10	20,50	30	43,80	50,90	59,70
6	12,60	16,80	22,50	31	45,00	52,20	61,10
7	14,10	18,50	24,30	32	46,20	53,50	62,50
8	15,50	20,10	26,10	33	47,40	54,80	63,90
9	16,90	21,70	27,90	34	48,60	56,10	65,20
10	18,30	23,20	29,60	35	49,80	57,30	66,60
11	19,70	24,70	31,30	36	51,00	58,60	68,00
12	21,00	26,20	32,90	37	52,20	59,90	69,30
13	22,40	27,70	34,50	38	53,40	61,20	70,70
14	23,70	29,10	36,10	39	54,60	62,40	72,10
15	25,20	30,60	37,70	40	55,80	63,70	73,40
16	26,30	32,00	39,30	41	56,90	65,00	74,70
17	27,60	33,40	40,80	42	58,10	66,20	76,10
18	28,90	34,80	42,30	43	59,30	67,50	77,40
19	30,10	36,20	43,80	44	60,50	68,70	78,70
20	31,40	37,60	45,30	45	61,70	70,00	80,10
21	32,70	38,90	46,80	46	62,80	71,20	81,40
22	33,90	40,30	48,30	47	64,00	72,40	82,70
23	35,20	41,60	49,70	48	65,20	73,70	84,00
24	36,40	43,00	51,20	49	66,30	74,90	85,40
25	37,70	44,30	52,60	50	67,50	76,20	86,70

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

1. Introducere 5

2. Unele aspecte generale asupra procesului de producție 7
   2.1. Caracteristici și evoluții ale proceselor de producție 7
   2.2. Categorisiri ale procesului de producție 10
   2.3. Măsuri pregătitoare pentru crearea condițiilor de aplicare eficientă a sistemului polideservirii 11
   2.4. Tehnica combinării operațiilor de executat pe mai multe mașini pentru diverse tipuri de procese tehnologice 12
   2.4.1. Considerații generale 12
   2.4.2. Tehnica combinării la producția de unicate 13
   2.4.3. Tehnica combinării la producția de serie 14
   2.4.4. Tehnica combinării la producția de masă 14
   2.4.5. Tehnica deservirii mai multor mașini și a conducerii producției în procesele tehnologice mecanizate, automatizate și automate 15
   2.4.6. Tehnica deservirii mai multor locuri de muncă și cumulării de profesii în procesele tehnologice de aparatură 16

3. Considerații generale privind aplicarea metodei deservirii mai multor locuri de muncă în cadrul unui sistem de producție 18
   3.1. Cerințe de studiu și analiză premergătoare implementării polideservirii 18
   3.2. Definirea noțiunii de deservire a mai multor locuri de muncă 19
   3.3. Definirea noțiunii de policalificare 20
   3.4. Probleme privind organizarea spațială a mașinilor 20
   3.5. Structura timpului la deservirea unei mașini 24
   3.6. Caracteristici ale ciclului de prelucrare pe mașini-unelte ... 25
   3.7. Alegerea operațiilor de prelucrare după structura lor tehnologică 26
   3.8. Analiza deservirii mai multor mașini în funcție de structura și durata operațiilor tehnologice 28

4. Metode de analiză a posibilităților de aplicare a polideservirii în funcție de durata și structura operațiilor tehnologice bazate pe principiul grafo-analitic 32

Scanned with OKEN Scanner

4.1. Polideservirea în condițiile de execuție de operații identice, de aceeași durată și structură 32
4.2. Polideservirea în condițiile efectuării unor operații diferite dar de aceeași durată a ciclului 35
4.3. Polideservirea în condițiile cînd mașinile execută operații multiple, unele avînd aceeași durată și ciclu 36
4.4. Polideservirea în condițiile cînd mașinile-unelte execută operații diferite 39
4.5. Polideservirea în condițiile cînd se impune deservirea unor mașini din grup de mai multe ori în același ciclu al grupului 41
4.6. Exprimări ale gradului de organizare a metodei deservirii mai multor locuri de muncă 44
4.6.1. Coeficientul gradului de ocupare a lucrătorului care deservește mai multe mașini 45
4.6.2. Coeficientul gradului de raționalizare a trecerilor lucrătorilor de la o mașină la alta 45
4.6.3. Stabilirea coeficientului de utilizare a capacităților de producție a mașinilor polideservite 46
4.6.4. Coeficientul gradului de utilizare a capacității de producție a mașinilor polideservite, în expresie valorică ... 46
4.6.5. Coeficientul gradului de dotare cu echipamente de semnalizare (avertizare) și oprire automată 47
4.6.6. Coeficientul de extindere a deservirii mai multor mașini 47
4.6.7. Coeficientul gradului de așteptatre (stagnare) al mașinilor cuprinse în sistemul polideservirii 48
4.6.8. Coeficientul gradului de flexibilitate al organizării polideservirii 48
4.7. Economicitatea polideservirii în funcție de numărul de mașini deservite, luînd în considerare structura timpilor 49
4.8. Considerații asupra interdependenței factorilor care intervin la deservirea mai multor locuri de muncă 51

5. Analiza unor principii teoretice folosite la implementarea metodei deservirii mai multor locuri de muncă 55
5.1. Stabilirea condițiilor optime de producție pentru deservirea mai multor mașini folosind teoria șirurilor de așteptare ... 56
5.2. Aplicarea teoriei „lanțurilor Markov“ în cazul deservirii mai multor mașini 57
5.2.1. Analiza procesului „imput“ (opririle mașinilor) 58
5.2.2. Analiza mecanismului de deservire 59
5.2.3. Aspectul analitic al problemei 59
5.2.4. Stabilirea funcției producției și costurilor 61
5.2.4.1. Indicele de producție al mașinii 61
5.2.4.2. Funcția de producție 63
5.2.4.3. Costuri limită în cazul deservirii mai multor mașini 64
5.2.4.4. Solicitări temporare ale muncitorului 65
5.3. Folosirea modelelor Takacs și Runnenburg pentru optimizarea polideservirii 66
5.3.1. Modelul Takacs 66
5.3.2. Modelul Runnenburg 67

Scanned with OKEN Scanner

5.4. Metoda optimizării deservirii mai multor maşini folosind coeficientul de mecanizare 68
5.4.1. Determinarea coeficientului de mecanizare (φ) 68
5.4.2. Determinarea coeficientului de încărcare (η) 71
5.4.3. Influenţa costurilor asupra numărului de maşini deservite 72
5.5. Exemple de optimizare a polideservirii folosind metoda coeficientului de mecanizare 80
5.5.1. Deservirea unui grup de 7 maşini de danturat de către un singur muncitor 80
5.5.2. Deservirea a 11 maşini de danturat de un colectiv de 10 muncitori, repartizaţi pe trei schimburi 82
5.5.3. Polideservirea aplicată la maşini de debitat 85
5.6. Unele consideraţii asupra metodelor de analiză a condiţiilor de aplicare a polideservirii 87

6. Metode propuse a fi folosite la optimizarea polideservirii 92
6.1. Metodă de studiu al ordinii de deservire în condiţii de operaţii cu durate diferite 92
6.2. Ramificarea de la un nod la noi noduri 96
6.2.1. Stabilirea marginilor inferioare 96
6.2.2. Alegerea nodului pentru noile ramificări 97
6.2.3. Identificarea unui nod final care conţine o soluţie optimă 97
6.2.4. Elaborarea unei scheme logice şi a programului pentru calculator 107
6.2.4.1. Schema logică 107
6.2.4.2. Descrierea datelor utilizate de program 107
6.3. Algoritmul euristic folosit la polideservirea maşinilor-unelte care execută operaţii de durate diferite 126
6.4. Algoritmul euristic de programare deterministă a deservirii maşinilor independent de durata operaţiilor 133
6.4.1. Exemplu de calcul 137
6.4.2. Elemente de programare 152
6.4.3. Schema logică 153
6.5. Analiza cu ajutorul algoritmului elaborat a unor exemple practice 164
6.6. Consideraţii tehnico-economice 165

7. Aplicarea polideservirii în industria textilă 170
7.1. Unele particularităţi de polideservirii aplicate în industria textilă 170
7.2. Deservirea mai multor maşini de tricotat 171
7.3. Particularităţile deservirii mai multor posturi în industria de ţesut textile 174
7.4. Organizarea deservirii mai multor maşini la intervale nedeterminate (aleatoare) 176
7.4.1. Consideraţii asupra optimizării sistemului om-maşină în condiţiile aleatoare ale polideservirii 176
7.4.2. Exemplu de aplicare practică a modelului expus 183

Scanned with OKEN Scanner

8. Organizarea structurală a mijloacelor de producție și adaptabilitatea la aplicarea sistemului polideservirii 188
8.1. Forma structurală de tip atelier (secție) 190
8.2. Forma structurală în flux 191
8.2.1. Organizarea unei linii de fabricație în flux 191
8.3. Procese tehnologice de prelucrare pe mașini-unelte cu comandă numerică (CN, CNC) și automate. Influențe asupra activității de polideservire 193
8.4. Unele particularități ale tehnologiei de prelucrare pe mașini agregat și centre de prelucrare 195
8.4.1. Mașini-unelte agregat 195
8.4.2. Centre de prelucrare 195
8.5. Forma structurală — celulă de fabricație 198
8.6. Caracteristicile unui sistem flexibil de fabricație 200
8.6.1. Subsistemul forță de muncă în sistemul flexibil 204
8.6.2. Aspecte ale aplicării sistemului polideservirii la celule flexibile de fabricație 205
8.7. Procese de fabricație robotizate 206
8.7.1. Unele aspecte privind tehnologiile robotizate 206
8.7.2. O metodă de analiză a condițiilor de aplicare a polideservirii cu robot 211
Bibliografie 220
Anexe : I. Rezultat program calculator 224
II. Rezultat program calculator 226
III. Valorile lui α^2 228

Scanned with OKEN Scanner